



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

António Carlos da Costa Vale

A avaliação da sustentabilidade na construção: Aplicação do índice  
LiderA

Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Mário Tomé

Abril de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Após a realização da presente dissertação devo agradecer a todos os que contribuíram direta e indiretamente para a sua conclusão.

Ao Professor Doutor Mário Tomé pela orientação prestada, apoio e disponibilidade para esclarecimento de dúvidas que surgiram ao longo do trabalho.

Ao Engenheiro José Carlos Pereira pelo fornecimento de todos os documentos e informação necessária sobre o Edifício Sustentável, que serviram de base à realização da dissertação.

À minha mãe que sempre me chamou à atenção para que me empenhasse e me motivou a concluir mais este objetivo na minha formação.

Aos meus amigos que me incentivaram a continuar este percurso por maiores que fossem as dificuldades encontradas.

## RESUMO

A principal transformação que se verificou na sociedade nestes últimos anos foi a procura de respostas aos desafios ambientais provocados pela pressão de vários setores económicos. O modelo de desenvolvimento sustentável procura conciliar e harmonizar, a proteção ambiental com o crescimento económico ambicionados pelas nações.

Um dos setores que mais impacto provoca no ambiente é a construção civil. Assim, esta atividade deve ser fruto de uma análise cuidada no que diz respeito aos impactos ambientais associados. A evolução para uma construção (mais) sustentável requer a implementação de medidas inteligentes ao longo de todo ciclo de vida da construção. Tal abrange atividades desde a extração das matérias-primas, passando pelo planeamento, projeto, construção, utilização, até à sua eventual demolição. Todas essas fases são passíveis de mitigação do respetivo impacte ambiental, à medida que novos conhecimentos e materiais surgem na sociedade. A legislação deve igualmente usar esses mesmos progressos para regulamentar esse acréscimo de sustentabilidade que se tornou alcançável.

A certificação dos edifícios pretende ser um elemento importante no mercado da sustentabilidade uma vez que permite aos consumidores uma informação simples e prática para diferenciar o grau de sustentabilidade de dois edifícios que tenham a mesma funcionalidade. Na presente dissertação aplica-se o sistema LiderA ao edifício sustentável da ESTG-IPVC. Esta avaliação exigiu a simulação do edifício a nível acústico, térmico e desempenho energético recorrendo ao programa Cype.

Após a análise efetuada, tendo como base as boas práticas presentes no LiderA, o edifício em estudo obteve uma classe B de desempenho sustentável. Na simulação da eficiência energética a classificação obtida foi igualmente a B. O resultado obtido apesar de não traduzir uma grande eficiência energética, está acima do mínimo exigido para os edifícios novos (B<sup>-</sup>).

Palavras-chave: Energia, Certificação, Sustentável, Ciclo de vida.

## **ABSTRACT**

The main transformation that has taken place in recent years has been the search for answers to the environmental challenges brought about by the pressure of several economic sectors. The sustainable development model seeks to reconcile and harmonize, environmental protection with economic growth aimed at nations.

One of the sectors that has the most impact on the environment is civil construction. Thus, this activity must be the result of a careful analysis with regard to the associated environmental impacts. The evolution towards (more) sustainable construction requires the implementation of intelligent measures throughout the construction lifecycle. This covers activities from the extraction of raw materials, through planning, design, construction, use and even its future demolition. All these phases are liable to mitigate the respective environmental impact, as new knowledge and materials emerge in society. Legislation should also use that same progress to regulate this increase requirements in sustainability that has become achievable.

Building certification aims to be an important element in the sustainability market as it allows consumers simple and practical information to differentiate the degree of sustainability of two buildings that have the same functionality. In this dissertation the LiderA system is applied to the ESTG-IPVC sustainable building. This evaluation required the acoustic, thermal and energy performance simulation of the building using the Cype program.

After the analysis, based on good practices in LiderA, the building under study obtained class B for sustainable performance. In the simulation of energy efficiency, the class obtained was also B. The result obtained despite not translating a high energy efficiency, is above the minimum required for new buildings (B-).

Key words: Energy, Certification, Sustainable, Life cycle.

## **SIGLAS E ABREVIATURAS**

ACV - Análise de Ciclo de Vida

AQS - Águas Quentes Sanitárias

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CIBSE - *Chartered Institution of Building Services Engineers*

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

COV's - Compostos Orgânicos Voláteis

D<sub>2m,nT,w</sub> - Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado

ENDS - Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável

ESTG -Escola Superior de Tecnologia e Gestão

ETAR - Estação de Tratamento de Água Residuais

ETICS - *External Thermal Insulation Composite Systems*

EU - União Europeia

IEE -Indicador de Eficiência Energética

IPA - Inovação e Projetos em Ambiente

IPQ - Instituto Português da Qualidade

ISO - *International Organization for Standardization*

ISO/TS - *International Organization for Standardization/ Technical Specification*

L' <sub>nT,w</sub> - Nível global de pressão sonora a sons de percussão, padronizado

Lden - Nível sonoro no período diurno-entardecer-noturno

LED - *Light Emitting Diode*

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

Ln - Nível sonoro no período noturno

NO<sub>x</sub> - Óxidos de Azoto

PCB - Bifenil Policlorado

PCI - Poder Calorífico Inferior

PCS - Poder Calorífico Superior

PCT - Terfenilos Policlorados

PDM - Plano Diretor Municipal

RC - Rés-do-Chão

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RCD - Resíduos Construção Demolição

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

RGR - Regulamento Geral do Ruído

RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre

T - Tempo de reverberação

U - Coeficiente transmissão térmica

USGBC - *United States Green Building Council*

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

## Índice Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Municípios portugueses comprometidos com a sustentabilidade, agenda21 (Águeda, 2017).....   | 3  |
| Figura 2 - Módulos aplicados na avaliação do desempenho ambiental de um edifício a partir do seu ciclo de vida (BS EN 15643-2:2011 EN 15643-2:2011 E)..... | 6  |
| Figura 3 - Distribuição da água doce/salgada na Terra. ....  | 7  |
| Figura 4 - Representação autoclismo dupla descarga, torneiras com temporizador, e redutores de caudal. ....  | 9  |
| Figura 5 - Tipos de energias final consumidas em Portugal. (DGEG, 2015).....   | 10 |
| Figura 6 - Repartição das fontes na produção elétrica em Portugal no ano de 2016. ....   | 11 |
| Figura 7 - Distribuição dos consumos elétricos pelos diversos setores. ....  | 12 |
| Figura 8 - Representação parede de trompe. ....  | 13 |
| Figura 9 - Casa Oásis.....   | 19 |
| Figura 10 - Projeto sustentável BedZED. ....   | 20 |
| Figura 11 - Bank of America Tower. ....  | 22 |
| Figura 12 - As 6 vertentes do LiderA e respetivas ponderações. ....  | 25 |
| Figura 13 - Áreas e respetivas ponderações. ....   | 26 |
| Figura 14 - Classes de sustentabilidade segundo LiderA. ....   | 27 |
| Figura 15 - Localização do Edifício Sustentável (a vermelho). ....   | 30 |
| Figura 16 - Planta da cave. ....   | 31 |
| Figura 17 - Cinco espaços existentes no Rés-do chão do edifício analisado. ....  | 31 |
| Figura 18 - Solução construtiva para as paredes divisórias.....  | 32 |
| Figura 19 - Solução construtiva para as paredes exteriores. ....   | 33 |
| Figura 20 - Solução construtiva para o pavimento Rés-do-chão.....  | 33 |
| Figura 21 - Solução construtiva para laje de cobertura. ....   | 34 |
| Figura 22 - Esquema fitoETAR. ....   | 35 |
| Figura 23 – Eletrobomba.....   | 37 |
| Figura 24 - Carta de ruído do concelho de Viana do Castelo para os indicadores Ln e Lden (Mendes, et al., 2008).....                                       | 41 |
| Figura 25 - Caminhos de transmissão sonora entre compartimentos adjacentes (ISO 12354-1). ....   | 42 |
| Figura 26 - Evolução da carga térmica associada à envolvente. ....   | 52 |
| Figura 27 - Evolução da carga térmica associada à ventilação. ....   | 53 |
| Figura 28 - Evolução da carga térmica associada à ocupação, iluminação, instalações, portas e janelas interiores.....                                      | 54 |
| Figura 29 - Evolução carga térmica total. ....   | 55 |
| Figura 30 - Atribuição classe energética. ....   | 59 |

## Índice Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Principais ISO referentes à gestão ambiental.....                             | 17 |
| Tabela 2 - Principais ISO Sobre a sustentabilidade na construção. ....                   | 17 |
| Tabela 3 - Principais ISO sobre qualidade. ....  | 18 |
| Tabela 4 - Caracterização Eletrobomba .....  | 36 |
| Tabela 5 - Níveis máximos de ruído permitidos segundo o RGR.....                         | 40 |
| Tabela 6 - Tipo de Ruído dominante por fonte de emissão. ....                            | 41 |
| Tabela 7 - Resultados da condução de som aéreo exterior para os 3 compartimentos. ....   | 44 |
| Tabela 8 - Resultados ao som aéreo interior para os 3 compartimentos. ....               | 45 |
| Tabela 9 - Resultados aos sons de percussão para os 3 compartimentos. ....               | 46 |
| Tabela 10 - Resultados da reverberação para os 3 compartimentos.....                     | 47 |
| Tabela 11 - $G_{Tmáx}$ por zona climática obtido do RECS. ....                           | 51 |
| Tabela 12 - Consumos de energia a considerar no IEES e no IEET. ....                     | 56 |
| Tabela 13 - valores de cálculo do indicador de eficiência energética previsto. ....      | 57 |
| Tabela 14 - Valores de cálculo do indicador de eficiência energética de referência. .... | 58 |
| Tabela 15 - Valores de cálculo para o rácio final de Eficiência Energética.....          | 58 |
| Tabela 16 - Avaliação Integração local.....  | 60 |
| Tabela 17 - Avaliação dos 9 critérios da vertente Recursos. ....                         | 63 |
| Tabela 18 - Avaliação Cargas ambientais.....   | 68 |
| Tabela 19 - Avaliação Conforto ambiental. ....   | 72 |
| Tabela 20 - Avaliação Vivências Socioeconómicas. ....                                    | 74 |
| Tabela 21 - Avaliação Gestão Ambiental e inovação. ....                                  | 79 |



## Índice

|   |    |
|---|----|
| RESUMO  |    |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1  |
| 1.1. Enquadramento.....   | 1  |
| 1.2. Objetivos .....  | 1  |
| 1.3. Agenda 21 .....  | 2  |
| 1.4. A Construção e o Ambiente .....  | 4  |
| 1.5. A água .....   | 7  |
| 1.6. Energia .....  | 9  |
| 1.7. Os Materiais .....   | 16 |
| 1.8. Normas ISO.....  | 16 |
| 2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE .....  | 23 |
| 2.1. LiderA .....   | 23 |
| 2.1.1. Metodologia.....   | 23 |
| 2.1.2. Vertentes e Áreas.....   | 24 |
| 2.2. Outros indicadores de sustentabilidade .....   | 27 |
| 2.2.1. LEED - <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> .....                  | 27 |
| 2.2.2. BREEAM - <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> .. | 28 |
| 3. CASO DE ESTUDO .....   | 30 |
| 3.1. Descrição técnica.....   | 30 |
| 4. ANÁLISE DE RESULTADOS .....  | 39 |
| 4.1. Simulações .....   | 39 |
| 4.1.1. Simulação acústica .....   | 39 |
| 4.1.2. Simulação térmica .....  | 48 |
| 4.1.3. Desempenho energético.....   | 55 |
| 4.2. Aplicação do LiderA .....  | 60 |
| 4.2.1. Integração local.....  | 60 |
| 4.2.2. Recursos .....   | 63 |
| 4.2.3. Cargas ambientais.....   | 68 |
| 4.2.4. Conforto Ambiental.....  | 71 |
| 4.2.5. Vivências socioeconómicas .....  | 74 |
| 4.2.6. Gestão ambiental e Inovação .....  | 79 |
| 4.2.7. Análise de resultados .....  | 80 |
| 5. CONCLUSÕES .....   | 81 |
| REFERÊNCIAS .....   | 82 |
| ANEXOS  |    |



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Enquadramento**

A construção civil é uma atividade que proporciona desenvolvimento socioeconómico e qualidade de vida mas que paralelamente provoca impactos ambientais negativos. Importa assim quantificar o grau de sustentabilidade das edificações na sua máxima abrangência temporal: “do berço à cova”, ou seja que compreenda a i) construção, ii) operação/vida útil e iii) fim de vida (demolição e destino dos resíduos de construção e demolição).

A quantificação da sustentabilidade requer a aplicação de índices reconhecidos e extensivamente usados e validados. Neste trabalho optou-se por utilizar o sistema LiderA por ser nacional, simples e conceituado. O LiderA foi aplicado ao “edifício sustentável” da ESTG (Escola Superior de Tecnologia e Gestão), permitindo aferir a sua performance ambiental. Realizou-se ainda a simulação do edifício no programa Cype a nível térmico, acústico e desempenho energético, de forma a auxiliar na avaliação do LiderA.

## **1.2. Objetivos**

Os principais objetivos da presente dissertação foram os seguintes:

- Compreender o conceito de sustentabilidade na construção;
- Conhecer as vantagens dos índices de sustentabilidade, nomeadamente da forma como essa informação é útil para projetistas, clientes e entidades licenciadoras na diferenciação do grau de sustentabilidade dos edifícios;
- Aplicar o índice LiderA a um edifício e analisar criticamente o resultado obtido;
- Propor alterações/soluções técnicas de forma a incrementar o desempenho ambiental do edifício em análise;

### **1.3. Agenda 21**

A Agenda 21 é um documento que resultou da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida por Cimeira da Terra, que se realizou no ano de 1992 na cidade Rio de Janeiro. Este documento tem como finalidade orientar os governos e organizações para o desenvolvimento sustentável, conciliando o ambiente com o desenvolvimento económico e com a coesão social.

Em Portugal foi desenvolvida a ENDS (Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável) de forma a dar seguimento aos compromissos assumidos como membro da ONU (Organização das Nações Unidas) e da UE (União Europeia).

A agenda 21 Local torna-se numa ferramenta importante suportando os objetivos presentes na ENDS, que são (Cupeto, et al., 2007):

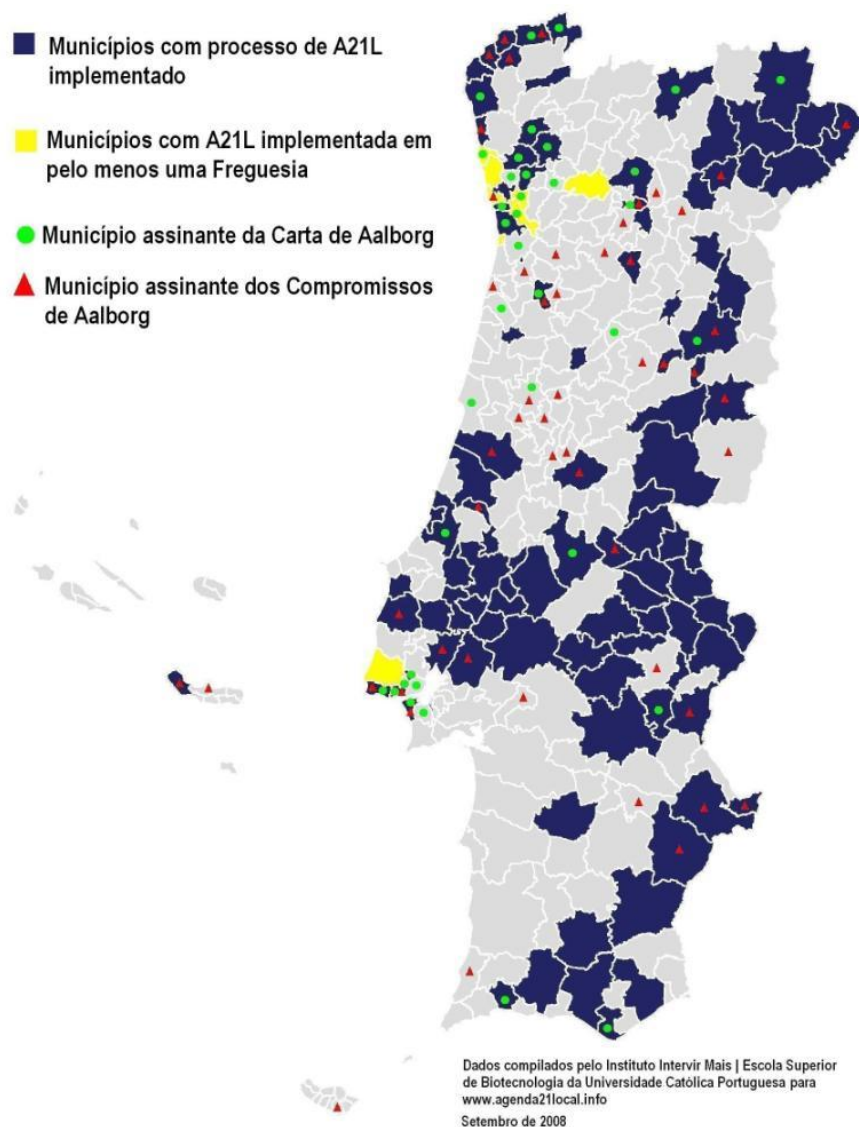
1. Preparar Portugal para a «Sociedade do Conhecimento»;
2. Crescimento sustentado, competitividade à escala global e eficiência energética;
3. Promover um melhor ambiente e valorizar o património natural;
4. Mais equidade, igualdade de oportunidades e coesão social;
5. Melhor conectividade internacional do país e valorização equilibrada do território;
6. Um papel ativo de Portugal na construção europeia e na cooperação internacional;
7. Uma administração pública mais eficiente e modernizada.

Com o aumento do empenho em contribuir para a sustentabilidade, realizou-se em Aalborg na Dinamarca no ano de 1994 a primeira Conferência Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis (Cupeto, et al., 2007). Outras conferências ocorreram ao longo dos anos sendo que a 8ª e última Conferência aconteceu em 2016.

Olhando para o que foi feito até à data (2017), verifica-se que problemas relacionados com o ambiente entre os quais o clima, desertificação, biodiversidade e desflorestação permanecem. A resolução destes problemas é de elevada importância, com a necessidade de intensificar os esforços para reduzir estes desequilíbrios antropogénicos.

Assim, o principal legado da conferência do Rio 92 foi uma generalização da consciência social para as pressões a que o ambiente está sujeito devido às diversas atividades praticadas pelo Homem permitindo que se adotem soluções que minimizem os impactes (Fernandes, et al., 2015).

Na Figura 1 pode-se analisar o mapa de Portugal com a divisão dos municípios. Verifica-se que em muitos deles assumiram-se compromissos da carta de Aalborg, ou têm processos da agenda 21 implementados. Verifica-se assim que Portugal tem feito esforços para acompanhar o desenvolvimento sustentável e cumprir com as ambições da UE.



*Figura 1 - Municípios portugueses comprometidos com a sustentabilidade, agenda21 (Águeda, 2017).*

## **1.4. A Construção e o Ambiente**

A construção civil como um dos setores que mais impacto provoca no ambiente, deve ser fruto de uma análise cuidada no que diz respeito às metas para o desenvolvimento sustentável. A exploração de recursos associados à construção como a madeira, pedra natural, grande consumo de energia e deposição incorreta de resíduos, entre outros, têm deixado uma marca negativa nos ecossistemas à qual está associada a perda de biodiversidade e de habitats.

A construção sustentável necessita assim da implementação de medidas inteligentes empregues ao longo de todo o processo construtivo, todas as fases têm associados consumos de energia, água e materiais, que devem ser racionalizados ao máximo (Rocheta, et al., 2007).

Nos EUA (Estados Unidos da América), mais precisamente na Flórida, foi realizada em 1994 a primeira conferência mundial sobre construção sustentável, tendo sido discutida a construção num contexto de sustentabilidade ambiental. Foram então apresentados princípios ecológicos que a construção deve respeitar e que são (Veras, et al., 2012):

1. Minimizar o consumo de recursos;
2. Maximizar a reutilização dos recursos;
3. Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
4. Proteger o ambiente natural;
5. Criar um ambiente saudável e não tóxico;
6. Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Estes princípios tornaram-se a base da construção sustentável e serviram para identificar as áreas para o desenvolvimento tecnológico associado. Para além de novos materiais e técnicas construtivas, existem já soluções que proporcionam níveis de sustentabilidade acima das práticas mais comuns. A utilização dos melhores conhecimentos nas atividades de construção civil permite satisfazer as necessidades da presente geração, sem comprometer as necessidades das próximas gerações.

É previsível que a sustentabilidade da construção continue a ser acelerada, especialmente se os consumidores diferenciarem esse produto verde e a política fiscal

for igualmente incorporando maior discriminação positiva. Será essencial que as empresas da construção civil entendam a sustentabilidade como uma oportunidade económica e não como uma ameaça para o setor (Pinheiro, 2003).

Vários temas considerados problemáticos para o ambiente têm vindo a ser discutidos ao longo dos anos na busca por uma construção verde. No início o tema da energia, com a crise do petróleo e a necessidade de o substituir levou a uma discussão sobre edifícios energeticamente mais eficientes ou mesmo autossuficientes. O tema dos RCD (Resíduos de Construção e de Demolição) também levantou sérias questões, seguido da água, dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) e por fim as emissões de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e outros gases com efeito de estufa e o consequente aquecimento global. Existem 9 diretrizes a considerar para uma obra sustentável, que vão de encontro ao recomendado por alguns dos principais índices de avaliação e certificação de sustentabilidade existentes no mundo. Esses nove princípios são (Araújo, 2008):

1. Planeamento Sustentável da obra;
2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais;
3. Eficiência energética;
4. Gestão e economia da água;
5. Gestão dos resíduos na edificação;
6. Qualidade do ar e do ambiente interior;
7. Conforto termo acústico;
8. Uso racional de materiais;
9. Uso de produtos e tecnologias amigas do ambiente.

Na ACV (Análise de Ciclo de Vida) a abrangência máxima corresponde ao cálculo do impacto ambiental do berço-à-cova para o edifício, onde se considera por defeito uma vida útil de 50 anos para construções ordinárias. Berço significa a produção fabril dos produtos usados na construção e o termo “cova” está associado ao desmantelamento da construção e à correta deposição dos respetivos RCD. O objetivo destas práticas é a redução dos consumos de recursos naturais, mantendo o nível de qualidade e conforto. A Figura seguinte permite verificar os módulos, da ACV, utilizados na avaliação do desempenho ambiental de um edifício.

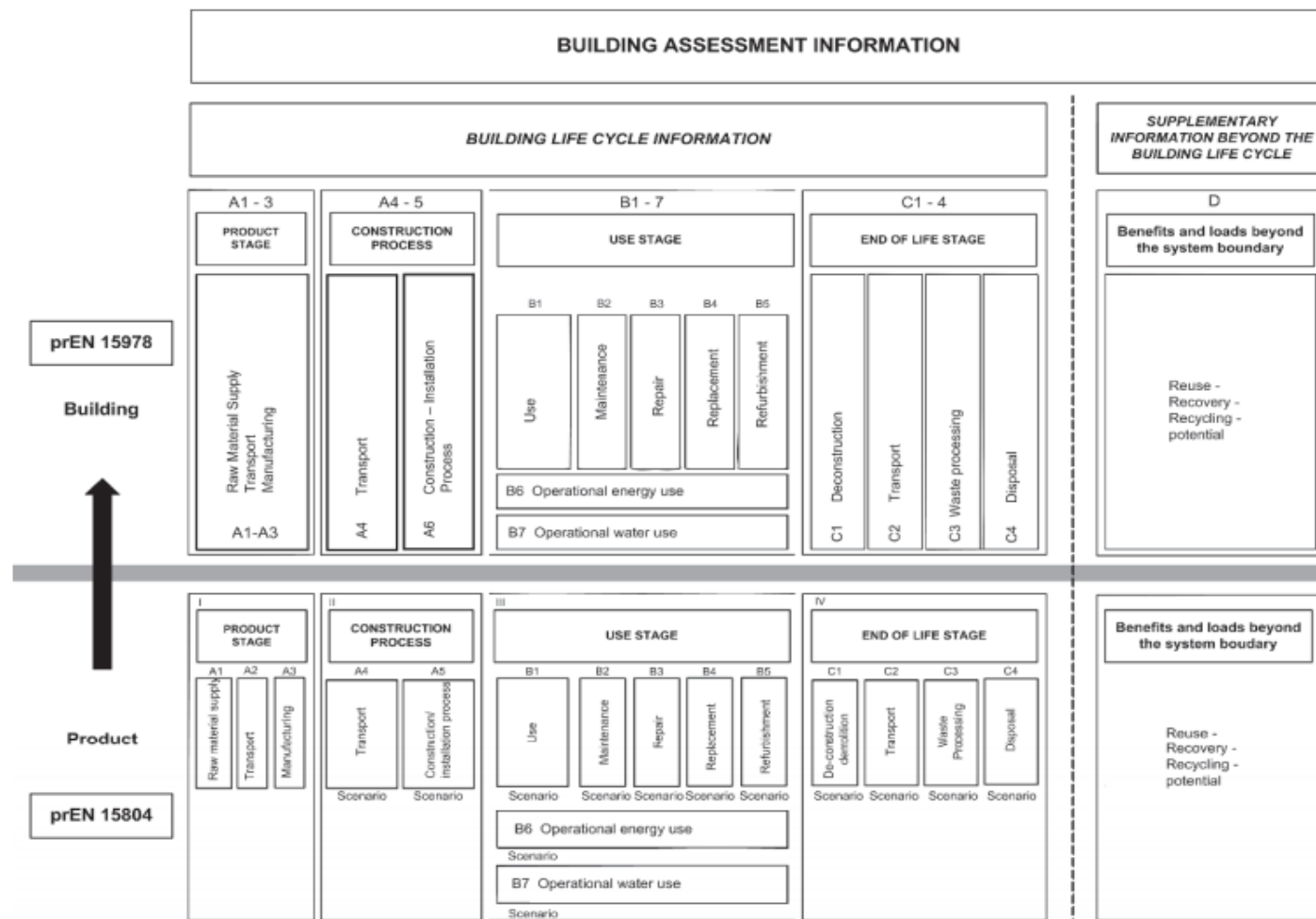
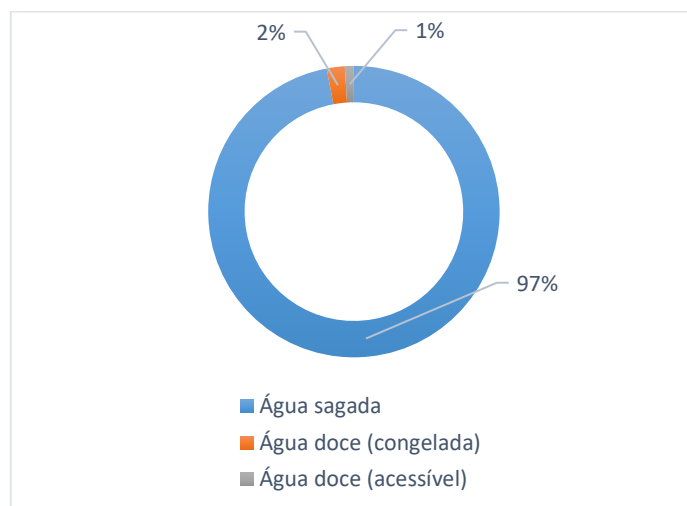


Figura 2 - Módulos aplicados na avaliação do desempenho ambiental de um edifício a partir do seu ciclo de vida (BS EN 15643-2:2011 EN 15643-2:2011 E).



## 1.5. A água

A nível global estima-se que a quantidade total de água planetária seja 1.4 mil milhões de km<sup>3</sup>. Desta apenas 1% corresponde a água doce acessível ao Homem e 97% corresponde à água salgada (Figura 3).



*Figura 3 - Distribuição da água doce/salgada na Terra.*

Em muitas zonas do mundo, assiste-se ao problema crescente do aumento da concorrência para a utilização da água, associada ao crescimento populacional que reduz a quantidade correspondente a cada utilizador. A taxa de uso da água tem vindo a aumentar duas vezes mais rápido que a taxa de crescimento populacional a nível global. Com uma população a rondar 7.2 mil milhões de pessoas em 2013, as estimativas apontam para que em 2050 existam 9.6 mil milhões de pessoas. Desta forma é necessário manter os recursos hídricos potáveis para que a população no futuro não tenha escassez de água (Felício, et al., 2014).

A agricultura é o maior consumidor deste recurso. Os edifícios e indústrias são outros grandes utilizadores de água. Nos países desenvolvidos, estima-se que cada habitante consome diariamente entre 100 a 500 litros de água, valor este que pode ser reduzido com soluções técnicas e comportamentais nas atividades. Em Portugal foi criado um grupo de regras para a gestão, planeamento e utilização dos recursos hídricos de forma

a combater o seu consumo e/ou a degradação da sua qualidade. A construção e atividades que decorrem nos edifícios estão entre as que mais poluem e consomem água, pelo que é urge pôr em prática uma boa gestão.

Na fase de construção de qualquer infraestrutura ou edifício, existem atividades em que é difícil evitar ou reduzir o consumo de água, nomeadamente:

- As lavagens e rega de pavimentos, máquinas, veículos, rodados, entre outros;
- O abastecimento de instalações sociais inerentes ao estaleiro;
- As atividades específicas da obra, como é o caso do fabrico de argamassa de cimento, massa de reboco, pinturas, cura de betão, entre outros.

As águas residuais que resultam destas atividades em obra contêm carga poluente, o que pode provocar impactes ambientais caso inexista o seu tratamento efetivo. Contudo o tratamento e controlo das descargas associadas a diversas atividades da construção civil nem sempre se encontra regulamentado como seria tecnicamente defensável (Almeida, et al., 2011).

Na fase de utilização dos edifícios têm vindo a ser seguidas medidas que levem a um uso mais eficiente da água. As medidas são:

- Redução de consumos de água;
- Redução de perdas de água;
- Eventual utilização de águas locais de menor qualidade que substituam as fornecidas pela rede de abastecimento pública para usos menos exigentes.

As reduções de consumo podem ser alcançados por uma mudança nos hábitos dos utilizadores ou por incorporação de tecnologias de redução. No mercado hoje em dia existe um diverso número de tecnologias de redução de caudais. Exemplo disso são equipamentos como os autoclismos de dupla descarga, torneiras e chuveiros de baixo caudal, redutores de caudal, arejadores (Figura 4), entre outros que contribuem para um consumo mais sustentável.



*Figura 4 - Representação, redutores de caudal, torneiras com temporizador e autoclismo dupla descarga.*

As perdas de água são combatidas tendo em atenção perdas nas torneiras e chuveiros, evitando que estes fiquem a verter e vitar fugas nos ramais de ligação, sujeitos muitas vezes a construções deficientes ou já em fim de vida útil de tubagens e acessórios.

Quanto a alternativas às águas fornecidas pelos serviços públicos, no que diz respeito a consumos secundários (autoclismos, rega, lavagens exteriores), as águas utilizadas podem ser de origem pluvial, águas cinzentas, águas de poços/furos (Neves, et al., 2009).

## **1.6. Energia**

Na Europa as pessoas passam 90% do seu tempo no interior dos edifícios, pelo que uma gestão inadequada da energia pode levar a grandes gastos. Assim é necessário pôr em prática soluções construtivas em projeto que permitam reduzir os consumos energéticos e recorrer a soluções de energias renováveis. (ADENE, 2013)

A necessidade de reduzir como fontes de energia não renováveis (origem fóssil) -levou a uma procura de soluções por energias renováveis. As energias não renováveis incluem os combustíveis nucleares (urânio), para além dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). A exploração destas fontes energéticas têm consequências negativas ao longo dos vários processos. Na exploração há uma grande produção de resíduos, que levam à contaminação dos solos e águas, e ainda emissões atmosféricas. O transporte e distribuição provocam impacto criado pelas infraestruturas necessárias para a distribuição da rede elétrica, e acidentes que muitas vezes provocam as chamadas marés negras causadas pelos petroleiros. Na fase final ou de

consumo, energia elétrica normalmente associado a processos de combustão, provoca grandes emissões atmosféricas.

Energias renováveis caracterizam-se por se poder recorrer a elas de forma permanente sem risco de estas se esgotarem e ainda o impacto ambiental é mínimo quando comparado com os combustíveis fósseis. Os principais exemplos de energias renováveis são (ADENE, 2013):

- Energia solar;
- Energia hídrica;
- Energia das ondas;
- Energia biomassa;
- Energia das marés;
- Energia eólica;
- Energia geotérmica.

Em Portugal em 2015 a energia final com origem no petróleo rondava os 53,2% do total consumido no país. O consumo de energia elétrica tem vindo a aumentar representando 27,8% como representa a Figura seguinte:

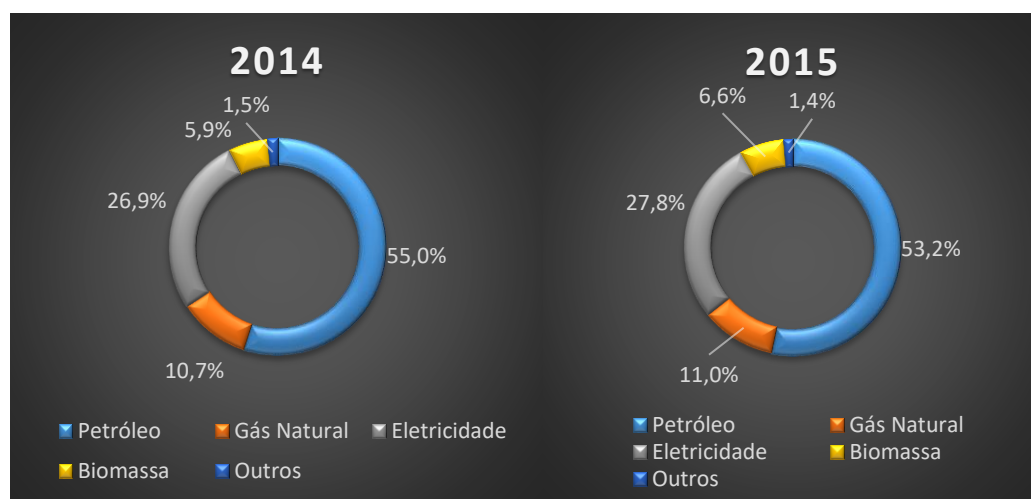
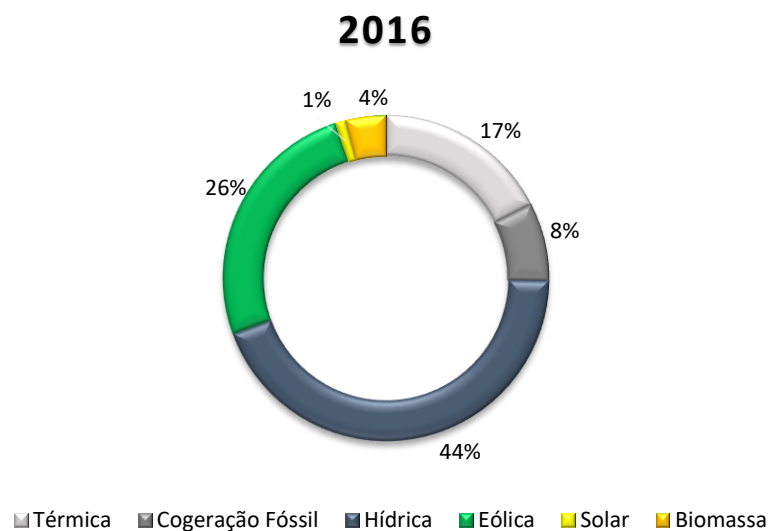


Figura 5 - Tipos de energias final consumidas em Portugal. (DGEG, 2015).

No que diz respeito à produção nacional de energia elétrica, o grande investimento realizado tem ocorrido nas energias renováveis, o que levou a um aumento na produção

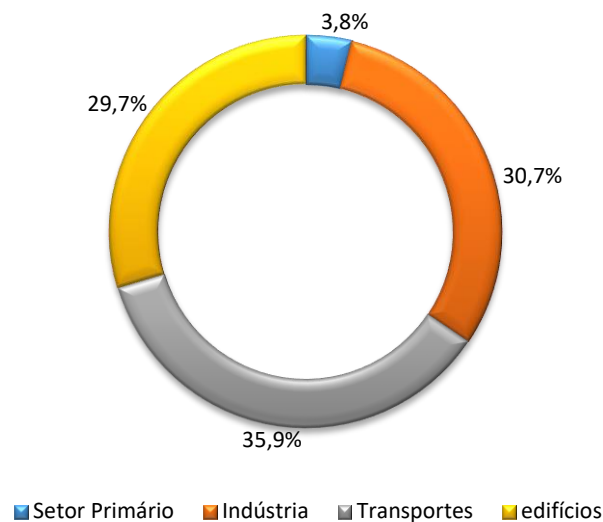
deste tipo. Em abril de 2016 as fontes de energias renováveis foram responsáveis por 3.933 GW.h o que equivale a 95,5% do consumo em Portugal continental, chegando mesmo a atingir um máximo de 4.117 GW.h, alcançando assim um valor histórico na produção nacional. As condições meteorológicas favoreceram bastante a produção renovável, um fator determinante para o desfecho mensal positivo da eletricidade renovável (APREN, 2016).

Na Figura 6 podemos verificar a percentagem associada a cada fonte na produção elétrica.



*Figura 6 - Repartição das fontes na produção elétrica em Portugal no ano de 2016.*

Em Portugal o consumo efetuado nos edifícios representa menos de 30% do consumo total nacional, sendo o setor dos transportes o que mais consome energia, com valores a rondar os 36% (Figura 7). Nos edifícios o principal vetor energético é a eletricidade (55%) o que não se verifica no resto da Europa, onde a principal fonte e vetor é o gás natural (36%). O gás natural em Portugal representa 10% dos consumos em edifícios (Bernardo, 2015).



*Figura 7 - Distribuição dos consumos elétricos pelos diversos setores.*

Nos edifícios o principal consumo elétrico está na climatização. Assim numa perspectiva de climatização onde há um grande gasto energético, os edifícios têm vindo a ser dotados de soluções que tirem partido dos ganhos energéticos tendo como fontes de energia a radiação solar. Cada vez mais, tendo em atenção o clima, procura-se tirar partido da exposição solar para otimizar o conforto térmico no interior dos edifícios. Os sistemas que permitem obter ganhos solares, dividem-se em sistemas passivos e ativos.

Nos sistemas passivos as trocas energéticas tanto para aquecimento como para arrefecimento acontecem por processos naturais. Neste tipo de sistemas é de elevada importância a orientação dos edifícios e a distribuição dos compartimentos que o constituem. Os sistemas solares dividem-se em ganhos diretos, indiretos e separados. Os ganhos diretos dão-se através dos envidraçados, os ganhos indiretos ocorrem através de uma massa térmica que absorve a radiação, servindo de acumulador e posteriormente cedendo o calor ao interior do edifício. Os ganhos separados caracterizam-se pelo fato de os ganhos ocorrerem numa componente anexo à área habitável.

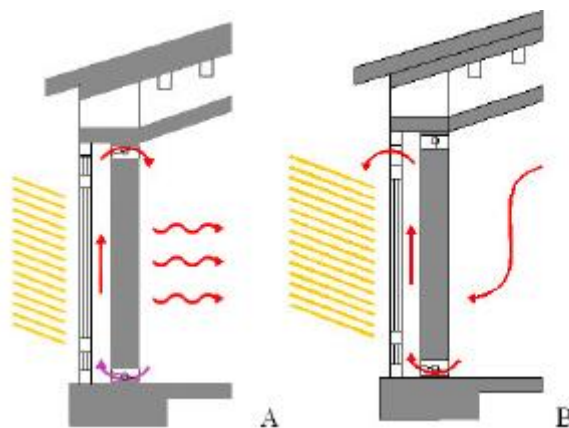
Nos sistemas passivos de aquecimento por ganhos diretos, as soluções mais comuns são:

- Orientação da maior área de envidraçados a sul, de forma a obter maiores ganhos no inverno;
- Vidros duplos, e proteções exteriores;
- Utilização de lanternins e claraboias.

Nos ganhos indiretos as soluções incluem:

- Paredes de trompe;
- Paredes de água;

As paredes de trompe são constituídas por um vidro exterior, e uma parede interior constituída por betão, pedra ou outro material com boa capacidade de armazenamento térmico, afastada entre 5 a 20 cm do vidro de forma a criar caixa-de-ar. Esta caixa-de-ar pode ser ventilada através de pequenas aberturas para o interior na parte superior e inferior da parede como representado na Figura seguinte.



*Figura 8 - Representação parede de trompe.*

As paredes de água são idênticas às paredes de trompe. Neste caso há uma massa de água que está contida num recipiente normalmente de cor escura. A vantagem é que as transferências dão-se mais rapidamente.

Nos ganhos separados as soluções São:

- Sistemas de Tubagens enterradas (geotermia de baixa profundidade).

Os sistemas de geotermia de baixa profundidade consistem em tubagens enterradas a uma certa profundidade e com determinado comprimento, para que o ar que passa

através da tubagem capte a energia do solo. É uma solução tanto de aquecimento como de arrefecimento já que a temperatura a que o solo se mantém constante ao longo das estações. No inverno a temperatura do solo é superior à temperatura do ar exterior, e no verão ocorre o contrário em que a temperatura do solo está mais baixa que a temperatura do ar exterior.

As soluções para sistemas de arrefecimento passivos são:

- Fachadas a Este e Oeste com poucas aberturas uma vez que no verão estão sujeitas a radiação intensa;
- Promoção de ventilação natural, através de aberturas nas fachadas, chaminés solares, aspiradores estáticos;
- Criação de edifícios com fator de forma baixo;
- Elementos com grande inércia térmica e acabamentos em cor clara;
- Elementos de sombreamento exterior;
- Refrigeração por radiação noturna;
- Ventilação noturna;
- Sistemas de tubagens enterradas como referido nos sistemas por ganhos separados de aquecimento.

As chaminés solares consistem em chaminés com boa exposição solar, que ao aquecerem fazem com que o ar quente suba e saia pela cobertura dando lugar a que ar fresco entre pelas aberturas nas zonas mais baixas do edifício.

Os aspiradores estáticos são mecanismos colocados na cobertura que provocam uma sucção do ar de forma a retirar o ar do interior do edifício, dando lugar a que ar novo entre pela parte inferior do compartimento.

A solução de radiação noturna consiste na colocação de materiais ou água que sirvam de armazenamento térmico na cobertura. No verão coloca-se isolamento e durante o dia este elemento absorve o calor do interior do edifício. Durante a noite retira-se o isolamento de forma a permitir que a energia seja irradiada para o exterior.

Os sistemas ativos baseiam-se em fontes de energia renováveis. Recorrem na sua maioria ao sol, transformando a energia solar tanto em energia elétrica como em energia térmica. Atualmente está estabelecido como obrigatório pelo RCCTE



(Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), dotar de coletores solares térmicos os novos edifícios que disponham de boa exposição solar para aquecimento das AQS (Águas Quentes Sanitárias). O RCCTE refere ainda os painéis fotovoltaicos, microturbinas eólicas e micro hidrogeradores como sistemas domésticos de produção elétrica.

De forma a combater as perdas energéticas o edifício deve estar ainda dotado de bom isolamento térmico.

No que diz respeito aos consumos elétricos na iluminação, uma boa solução de poupança passa pela iluminação natural. De forma a se obter uma iluminação natural e eficiente nos edifícios deve-se ter em atenção as seguintes boas práticas (Rocheta, et al., 2007):

- Localização do edifício;
- Forma, orientação e localização das entradas de iluminação natural;
- Relação entre a altura da janela e o pé direito;
- Relação entre a altura da janela e a distância à parede oposta;
- Superfícies interiores com grande grau de reflexão;
- Evitar a incidência de luz direta em elementos como os computadores e secretárias;
- Integrar a luz natural com os sistemas de ventilação natural, sistemas solares passivos e iluminação artificial;
- Ter em atenção que a radiação direta ganha no inverno, no verão provoca sobre aquecimento;
- Promover entradas de luz natural pela cobertura;
- Tirar partido da forma do teto sempre que possível.

De forma a reduzir os consumos na iluminação artificial, as práticas a seguir são:

- Optar por Lâmpadas de baixo consumo. Substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes ou LED uma vez que estas soluções têm consumos inferiores e uma maior duração;
- Lâmpadas solares no exterior;
- Sensores de movimento e/ou de luminosidade.

## 1.7. Os Materiais

Os materiais a escolher para uma obra sustentável devem respeitar vários parâmetros que lhe confirmem estatuto de sustentáveis. Parâmetros como a origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos energéticos na transformação, emissões poluentes, biocompatibilidade, durabilidade, qualidade, entre outros devem ser tidos em conta na hora de se efetuar a escolha dos materiais a aplicar em obra. Esses materiais devem ainda estar de acordo com a geografia local, história, tipologias, ecossistemas, condições climáticas, resistência e responsabilidade social. Deve-se neste tipo de obras optar por materiais que não provoquem problemas ambientais nem ponham em causa a qualidade do ar interior (Araújo, 2008).

A durabilidade dos materiais tem uma relação direta com a sustentabilidade e cada vez mais se torna um fator de seleção para a construção sustentável, provocado pelo aumento de uma consciência sustentável e uma maior preocupação em relação ao impacto (dos materiais e das energias) no ar, na água e no solo e, consequentemente, no bem-estar dos animais e ambiente em geral.

Quando se procede à escolha dos materiais a utilizar deve-se ainda ter em atenção que estes permitam, em caso de desconstrução de algum edifício, ser selecionados e sempre que possível reciclados ou reutilizados.

## 1.8. Normas ISO

As normas ISO são documentos criados pela *International Standardization Organization*, constituída por mais de 100 países, com o objetivo de desenvolver normas aceites internacionalmente. Cada país tem um órgão que é responsável pela elaboração das suas normas e que no caso nacional é o IPQ (Instituto Português da Qualidade).

A família ISO 14000 ou normas de gestão ambiental servem para orientar a melhoria do desempenho ambiental das organizações. Apesar de não especificarem níveis de desempenho ou poluição, estas normas permitem às organizações atingir os seguintes parâmetros (Sá, 2010):

- Cumprir a legislação ambiental;
- Estabelecer objetivos ambientais a todos os níveis relevantes;
- Assim que os objetivos sejam atingidos definir novos objetivos (melhoria contínua);
- Estruturar a comunicação em termos ambientais;
- Definir uma Política de Ambiente ajustada à realidade da organização;
- Avaliar periodicamente o Sistema de Gestão Ambiental implementado, de modo a identificar oportunidades de melhoria ao nível do desempenho ambiental.

Algumas das ISO relativas à gestão ambiental são apresentadas na Tabela seguinte:

*Tabela 1 - Principais ISO referentes à gestão ambiental.*

| <b><u>Gestão ambiental</u></b> |   |
|--------------------------------|---|
| ISO 14001:2015                 | Sistemas de gestão ambiental-Requisitos com orientações para uso;   |
| ISO 14004: 2016                | Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre a implementação;   |
| ISO 14005: 2010                | Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes para a implementação faseada de um sistema de gestão ambiental, incluindo o uso de avaliação de desempenho ambiental; |
| ISO 14006: 2011                | Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes para a incorporação de eco <i>design</i> ;  |
| ISO 14020: 2000                | Rótulos e declarações ambientais - Princípios gerais;   |
| ISO 14031: 2013                | Gestão ambiental - Avaliação do desempenho ambiental - Diretrizes;  |
| ISO 14034: 2016                | Gestão ambiental - Verificação das tecnologias ambientais;  |
| ISO 14040: 2006                | Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura;   |
| ISO 14045: 2012                | Gestão ambiental - Avaliação de Ecoeficiência dos sistemas de produtos - Princípios, requisitos e orientações;  |
| ISO 14046: 2014                | Gestão ambiental - Pegada de água - Princípios, requisitos e orientações;   |
| ISO 14050: 2009                | Gestão ambiental - Vocabulário.   |

Relativamente à sustentabilidade na construção algumas das normas existentes são descritas na Tabela 2.

*Tabela 2 - Principais ISO Sobre a sustentabilidade na construção.*

| <b><u>Sustentabilidade na construção</u></b> |   |
|--|---|
| ISO 15392                                    | Sustentabilidade na construção civil - Princípios gerais;   |
| ISO / TS 21929-1                             | Sustentabilidade na construção de edifícios - Indicadores de sustentabilidade - Parte 1: Quadro para o desenvolvimento de indicadores para edifícios; |

|                  |  |
|------------------|--|
| ISO 21930        | Sustentabilidade na construção de edifícios - Declaração ambiental de produtos de construção;  |
| ISO / TS 21931-1 | Sustentabilidade na construção de edifícios - Quadro para os métodos de avaliação do desempenho ambiental das obras de construção - Parte 1: Edifícios |
| ISO 21932        | Edifícios e bens construídos - Sustentabilidade na construção de edifícios – Terminologia.   |

A família ISO 9000 (Tabela 3) aborda os vários aspetos da gestão da qualidade para os produtos/materiais e serviços.

*Tabela 3 - Principais ISO sobre qualidade.*

| <b>Qualidade</b> |  |
|------------------|--|
| ISO 9000: 2015   | Abrange os conceitos básicos e a linguagem;  |
| ISO 9001: 2015   | Estabelece os requisitos de um sistema de gestão da qualidade;                                   |
| ISO 9004: 2009   | Centra-se em como tornar um sistema de gestão da qualidade mais eficiente e eficaz;              |
| ISO 19011: 2011  | Estabelece orientações sobre auditorias internas e externas dos sistemas de gestão da qualidade. |

## 1.9. Projetos Sustentáveis

Ao longo da última década até à atualidade têm vindo a ser desenvolvidos diversos projetos sustentáveis que são certificados e reconhecidos pelo seu desempenho ambiental.

### 1.9.1. Casa Oásis

A Casa Oásis localiza-se em Faro, Algarve (Figura 9). Foi construída com base em princípios bioclimáticos, garantindo o conforto interior e redução dos consumos energéticos. A sua implantação está associada à reconstrução de um edifício antigo, sendo uma habitação unifamiliar com fins turísticos. Foi construída em 2003, procedendo-se a uma intervenção de reabilitação em 2015 com o objetivo de otimizar o desempenho da moradia. Esta intervenção foi promovida pela empresa Oásis e desenvolvida pelo Professor Cândido de Sousa. Certificada em 2007 pelo LiderA (ver § 2.1.), com uma classe A, obteve posteriormente a classe A<sup>++</sup> em 2015 com as intervenções efetuadas, tornando-se assim a primeira construção em Portugal a atingir este nível de desempenho (LiderA, 2015).

Com uma área de implantação próxima dos 200 m<sup>2</sup> e dois pisos apresenta ótima luminosidade natural. Com uma variação anual da temperatura no exterior entre os 0,3 °C (Inverno) e 42,9 °C (Verão), o consumo energético para a climatização é praticamente nulo. Este desempenho é obtido de forma passiva com as seguintes condições (Oasis, 1986):

- Temperatura interior compreendida entre 20 °C (Inverno) e 26 °C (Verão);
- Humidade relativa entre 30% e 70% durante 99,8% do tempo.



Figura 9 - Casa Oásis.

### **1.9.2. Projeto sustentável BedZED (*Beddington Zero Energy Development*)**

Uma obra de referência na construção sustentável, especialmente à data da sua construção, é o condomínio BedZED (Figura 10). Localiza-se em Inglaterra e foi finalizado em 2001, é composto por 100 casas e escritórios, com consumos energéticos que correspondem a 10% da energia de uma urbanização tradicional (Motta, et al., 2009).

Algumas das características construtivas deste projeto são (Montes, 2005):

- Paredes com isolamento. Face interna em blocos de betão de alta densidade com 3 cm de lã rocha com a face externa em blocos cerâmicos;
- Vidros triplos e vedantes em borracha nas janelas;

- Madeiras utilizadas ou eram reutilizadas ou com origem em reflorestamento e certificadas;
- Materiais locais;
- Projetados locais de separação de lixo reciclável.

Algumas das estratégias adotadas nas áreas de energia e conforto são:

- Painéis fotovoltaicos;
- Sistemas de ventilação por meio de chaminés;
- Parte da energia produzida tem origem numa pequena estação que utiliza como combustível pequenas lascas de madeira.

As soluções adotadas para a água são:

- Tratar e reutilizar 50% da água usada;
- Captação de águas pluviais;
- Soluções técnicas nos chuveiros e autoclismos com redução de caudal.



*Figura 10 - Projeto sustentável BedZED.*

### 1.9.3. Bank of America Tower

Este edifício, situado em Nova Iorque, EUA, foi construído em 2009 e possui 54 andares (Figura 11). Considerado um exemplo de eficiência e ecologia em edifícios, está certificado pelo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), obtendo uma classificação Platina (ver § 2.2.1.) (Corrêa, 2009).

As características sustentáveis mais relevantes deste projeto são (GEF, 2016):

- Localiza-se perto de diversas amenidades, incluindo transportes públicos tais como linhas do metro;
- A sua forma é solução passiva muito eficiente relativamente a ganhos solares, iluminação natural e captação de água pluvial. As fachadas inclinadas com os cantos chanfrados permitem maior admissão de luz no interior e maior eficiência na captação das águas da chuva;
- Da energia consumida anualmente, 70% é produzida no local numa central elétrica a gás natural. Desta forma reduz-se as perdas associadas à transmissão elétrica na rede de distribuição. O calor residual da usina, num processo de cogeração, é utilizado para produzir vapor que será posteriormente usado em máquinas de refrigeração e produção de águas quentes para a climatização;
- Existe a produção de gelo durante a noite que é armazenado e utilizado na climatização durante o dia;
- Relativamente à água, utilizam-se urinóis sem água. Existe sistema de captação de águas pluviais na cobertura para ser utilizada nos sanitários e ainda na climatização. Economiza-se desta forma cerca de 100 milhões de litros de água por ano;
- O betão utilizado em obra é composto por 45% de cinzas volantes de forma a reduzir a quantidade de cimento utilizado em obra. O aço utilizado é reciclado. Dos RCD produzidos, 83% foram reciclados evitando assim o envio destes para aterros;
- O ar utilizado na ventilação é captado ao nível da cobertura, tratado através de sistema de filtragem com elevado grau de eficiência antes de ser libertado para o interior. No processo de exaustão do ar interior procedesse

também à filtração que permite assim que o ar a ser libertado para o exterior apresente melhores características do que o ar que é captado. A ventilação é controlada por sensores que medem as quantidades de dióxido de carbono.



*Figura 11 - Bank of America Tower.*



## **2. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Com a necessidade de classificar os edifícios quanto à sustentabilidade têm vindo a ser desenvolvidos diversos índices que permitem a sua avaliação. Desta forma pretende-se que se possa diferenciar os edifícios quanto ao desempenho sustentável. São apresentados a seguir 3 desses sistemas, o índice português – LiderA que serve de base para a presente dissertação e mais dois internacionais.

### **2.1. LiderA**

O LiderA começou a ser desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro no ano de 2000 numa parceria entre o Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico, e a IPA – Inovação e Projetos em Ambiente, Lda.. A primeira versão (V1.02) foi disponibilizada em 2005, focando-se no edificado e respetivo espaço envolvente. Atualmente está disponível a versão 2 (V2.0) cuja aplicação foi alargada ao ambiente construído na procura de edifícios, espaços exteriores, quarteirões, bairros e comunidades sustentáveis. LiderA significa liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção (Pinheiro, 2009).

Como marca registada portuguesa, o LiderA garante o reconhecimento ou mesmo a certificação pelo registo desta marca, através de uma avaliação ponderada considerando todos os critérios assumidos neste sistema de certificação.

#### **2.1.1. Metodologia**

A sustentabilidade na construção requer uma análise criteriosa de várias componentes com implicações ambientais desde a fase de projeto. A conceção da integração da dinâmica do empreendimento por forma a possibilitar um menor impacte ambiental ao longo de décadas da sua vida útil e o seu eventual desmantelamento devem fazer parte da análise holística desejável para caracterizar o edifício, do ponto de vista ambiental. O sistema LiderA baseia-se em seis princípios que abrangem seis vertentes avaliadas. Esses 6 princípios para a procura da sustentabilidade são (Pinheiro, 2009):

1. Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;

2. Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
3. Reduzir o impacto das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
4. Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
5. Favorecer as vivências socioeconómicas sustentáveis;
6. Garantir a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

### **2.1.2. Vertentes e Áreas**

As 6 vertentes anteriormente mencionadas subdividem-se em áreas como se descreve abaixo (Sá, 2010):

1. Vertente Integração local: divide-se em 3 áreas (a) solo, b) ecossistemas naturais, c) paisagem e património). Tem uma grande relevância no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável em relação ao ambiente circundante. Diversos fatores estão dependentes da localização, como é o caso da ocupação do solo, alterações ecológicas do território valorização de paisagem e do património, do território e da rede ecológica;
2. Vertente Recursos: divide-se em 4 áreas (a) energia, b) água, c) materiais e d) alimentares). Esta vertente tem impactos significativos, durante as distintas fases do ciclo de vida dos empreendimentos. O critério de certificação energética está diretamente relacionada com o consumo energético nos edifícios;
3. Vertente Carga ambiental: está dividida em 5 áreas (a) efluentes, b) emissões atmosféricas, c) resíduos, d) ruído exterior, e) poluição lumino-térmica). Os impactos das cargas gerados por todas as atividades associadas ao ciclo de vida de um empreendimento são alocáveis nessas 5 áreas;
4. Vertente de Conforto ambiental: encontra-se dividida em 3 áreas, (a) qualidade de ar, b) conforto térmico, c) iluminação e acústica). Atualmente é imprescindível que os edifícios e o ambiente envolvente cumpram não só a eficiência energética, mas também a satisfação dos utilizadores dos espaços, sendo requeridas essas exigências funcionais aos edifícios e meio urbano. Assim é necessário avaliar todos os fatores que tenham uma influência tanto no conforto térmico, como qualidade do ar, iluminação e acústica;

5. Vertente Vivência socioeconômica: subdivide-se em 5 áreas (a) acesso para todos, b) custos no ciclo de vida, c) diversidade econômica, d) amenidades e interação, e) participação e controle). Esta vertente tem o propósito de avaliar a relação do empreendimento com a sociedade;
6. Vertente Gestão ambiental e inovação: está dividida em 2 áreas (a) inovação e b) gestão ambiental). Tem em conta a implementação de sistemas de gestão ambiental de forma a fornecer informação aos envolvidos, avalia a promoção de uma melhoria contínua ambiental e inovação, de forma a garantir o melhor desempenho ambiental do empreendimento.

A Figura 12 ilustra as ponderações associadas a cada vertente. A vertente mais importante (recursos) representa 32% do peso total do índice LiderA. Segue-se a vivência socioeconômica (19%), conforto ambiental (15%), integração local (14%), cargas ambientais (12%) e por fim a gestão ambiental e inovação com 8%.

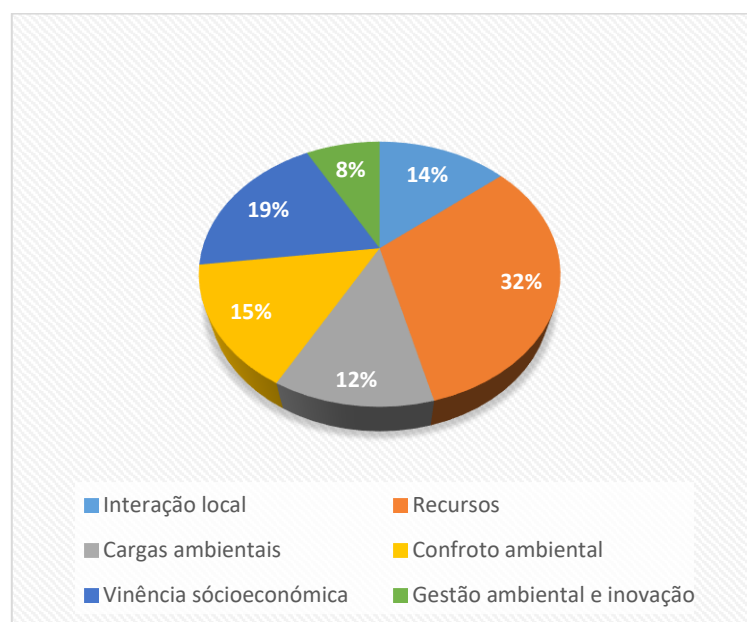
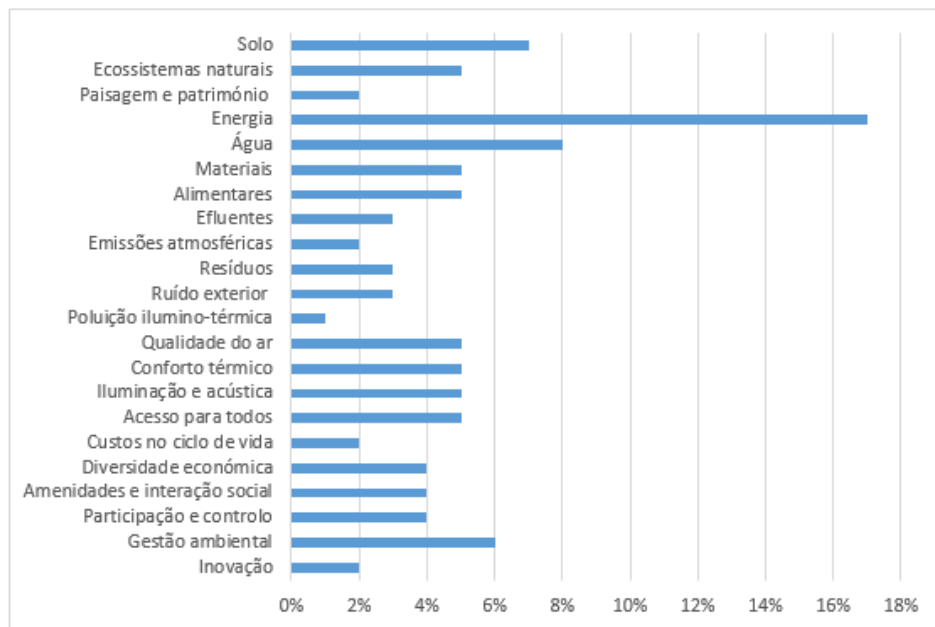


Figura 12 - As 6 vertentes do LiderA e respectivas ponderações.

Dentro de cada área os critérios associados têm a mesma importância. A classificação final é obtida através da conjugação das ponderações das 22 áreas. As áreas têm ponderações diferentes entre si, como se pode verificar na Figura 13. A energia, área

com maior importância, apresenta um peso de 17%, seguida da água (8%) e do solo (7%). A área de menor importância é a poluição lumino-térmica com apenas 1% de ponderação no LiderA.



*Figura 13 - Áreas e respetivas ponderações.*

A classificação dos critérios é feita através da atribuição de um nível de desempenho ambiental. Para o sistema LiderA o grau de sustentabilidade é mensurável em classes que vão de A++, (máximo desempenho sustentável), até à classe G (Figura 14). A certificação só é atribuída em classes de bom desempenho C, B, A, A+ e A++. A classificação C representa uma melhoria de 25 % face à prática comum (Classe E), passando por uma melhoria de 50% (Classe A), melhoria de fator 4 (Classe A+) e melhoria de fator 10 (Classe A++) (Pinheiro, 2010).

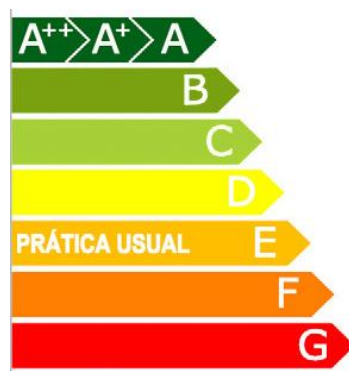


Figura 14 - Classes de sustentabilidade segundo LiderA.

## 2.2. Outros indicadores de sustentabilidade

### 2.2.1. LEED

O LEED é o sistema de certificação com maior divulgação a nível mundial. Foi criado pelo USGBC (*U.S Green Building Council*) nos EUA em 1998. É aplicado em mais de 130 países e existem mais de 50.000 edifícios certificados dos quais 90% se encontram na América. Tem 9 aplicações específicas que são as seguintes (Ascenso, 2013):

- Habitações;
- Novas construções;
- Edifícios existentes;
- Unidades de saúde;
- Escolas;
- Lojas;
- Edifícios comerciais;
- Projetos de desenvolvimento de bairros;
- Projetos de envolvente e parte central de edifícios coletivos.

A classificação do LEED é feita através da atribuição de pontos que se obtém em subcategorias de cinco categorias principais. As 5 categorias são:

- Energia e atmosfera (35 pontos);
- Implantação sustentável (26 pontos);

- Qualidade do ambiente interior (15 pontos);
- Materiais e recursos (14 pontos);
- Utilização racional da água (10 pontos).

Existe ainda atribuição de pontos como bónus em categorias como:

- Conceção e inovação, com 6 pontos;
- Componente regional, com 4 pontos.

O objetivo desta marca certificadora é de estabelecer um padrão comum para a avaliação dos edifícios. A sua certificação final depende da pontuação total obtida, havendo quatro categorias possíveis:

- Platina (> 79 pontos);
- Ouro (60-79 pontos);
- Prata (50-59 pontos).
- Certificado (40-49 pontos)

O LEED apresenta como pontos fortes (i) um excelente Marketing/reconhecimento internacional, (ii) informação bibliográfica disponível sobre a metodologia para aplicar o método e (iii) não requer um certificador acreditado.

Como pontos mais fracos (i) é uma certificação que necessita de muita documentação caracterizadora do edifício e (ii) a ausência de um auditor independente de avaliação levanta algumas críticas/credibilidade (Ascenso, 2013).

### **2.2.2. BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method***

Este índice foi desenvolvido pelo *Building Research Establishment* no Reino Unido, em 1990. É aplicado em países como a Alemanha, Espanha, Suécia entre outros. O BREEAM conta já com cerca de 558.300 desenvolvimentos certificados, e quase 2.260.300 edifícios registrados para avaliação (BREEAM, 2017).

Esta certificação é obrigatória em todos os edifícios de escritórios novos e reabilitados do governo central Britânico. O BREEAM é composto por 8 aplicações específicas, que são (Ascenso, 2013):

- Vivendas;

- Edifícios de apartamentos;
- Hospitais;
- Prisões;
- Edifícios de escritórios;
- Escolas;
- Edifícios Industriais;
- Edifícios fora do Reino Unido.

A atribuição da certificação é feita através pontuação obtida em subcategorias de 9 categorias principais. As categorias principais ponderadas são:

- Energia, 19%;
- Saúde e bem-estar, 15%;
- Materiais, 12.5%;
- Gestão, 12%;
- Utilização do solo e ecologia, 10%;
- Contaminação, 10%;
- Resíduos, 7.5%;
- Transportes, 8%;
- Água, 6%.

Existem ainda pontos de atribuição direta para requisitos exemplares/singulares e para a inovação.

O objetivo do BREEAM como marca certificadora é promover a minimização dos impactos dos edifícios no meio ambiente, melhorar o conforto e saúde no interior dos edifícios. A certificação é feita através de 1 de 5 classificações possíveis, que são:

- Excecional (>85%);
- Excelente (70-85%);
- Muito Bom (55-69%);
- Bom (45-54%);
- Aprovado (30-40%).

Pontos fortes do BREEAM: (i) comparação da pontuação obtida entre diferentes edifícios, (ii) auditoria independente de avaliação e (iii) adaptação a contextos locais.

Pontos mais fracos: (i) requisitos são muito exatos/rígidos, (ii) apresenta um sistema complexo de ponderação (Ascenso, 2013).

### 3. CASO DE ESTUDO

O edifício em estudo localiza-se em Viana do Castelo, mais concretamente na praia Norte. Trata-se do “Edifício Sustentável” situado no campus da ESTG, unidade orgânica do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (Figura 15).



*Figura 15 - Localização do Edifício Sustentável (a vermelho).*

#### 3.1. Descrição técnica

Todos os valores referentes à caracterização técnica das soluções referidas abaixo, tiveram por base o descrito no projeto do edifício, cuja documentação foi facultada pelos serviços técnicos da ESTG.

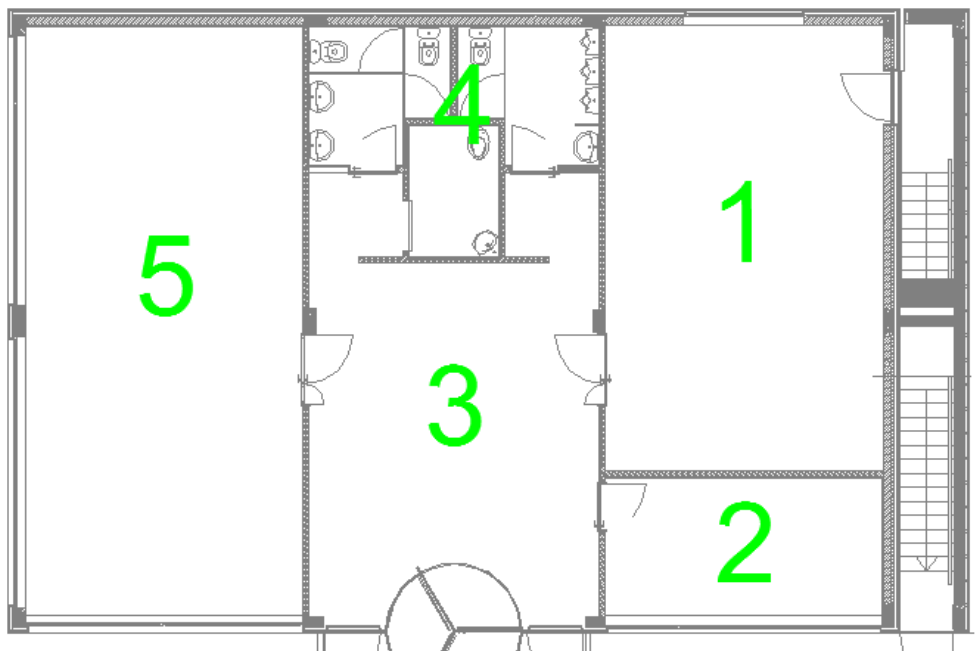
Este edifício é constituído por 2 pisos, cave (Figura 16) e rés-do-chão (RC).





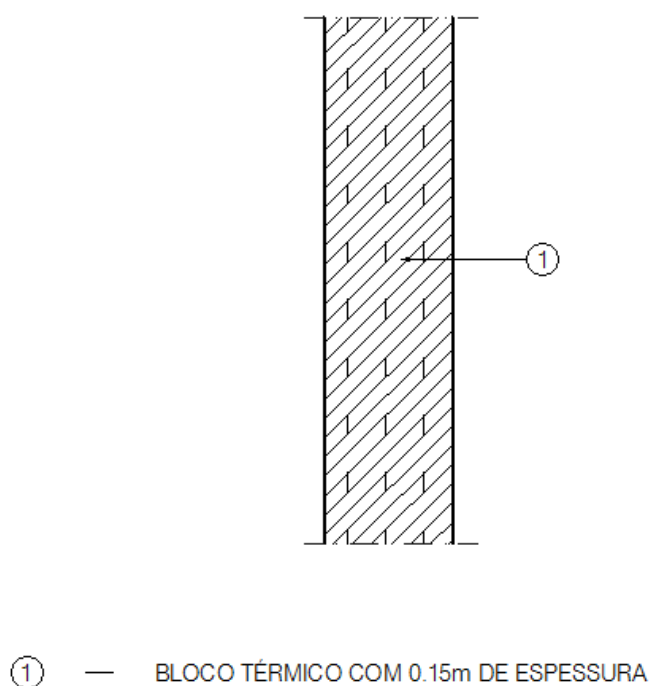
*Figura 16 - Planta da cave.*

O piso rés-do-chão possui um laboratório (1), um gabinete (2), hall (3), sanitários (4) e sala de aula (5), como ilustra a Figura 17.



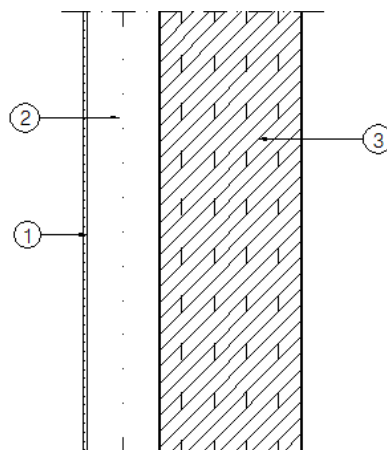
*Figura 17 - Cinco espaços existentes no Rés-do chão do edifício analisado.*

Nas paredes divisórias, a solução passa pela utilização de blocos térmicos em alternativa às alvenarias tradicionais (Figura 18). É uma solução com um bom comportamento térmico, permitindo um maior controlo sobre as necessidades energéticas dos espaços. Por se tratar de um material poroso e apresentar face à vista permite ainda um bom comportamento acústico.



*Figura 18 - Solução construtiva para as paredes divisórias.*

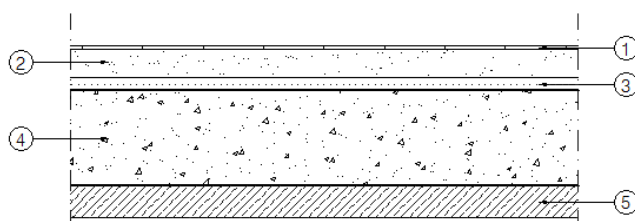
A solução para as paredes exteriores, representada na Figura 19, consiste em blocos térmicos, com ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) com placas de poliestireno expandido. Esta combinação permite um bom isolamento térmico reduzindo as perdas energéticas pelas fachadas do edifício.



- ① — SISTEMA ETICS
- ② — POLIESTIRENO EXPANDIDO COM 0.10m DE ESPESSURA
- ③ — BLOCO TÉRMICO COM 0.20m DE ESPESSURA

*Figura 19 - Solução construtiva para as paredes exteriores.*

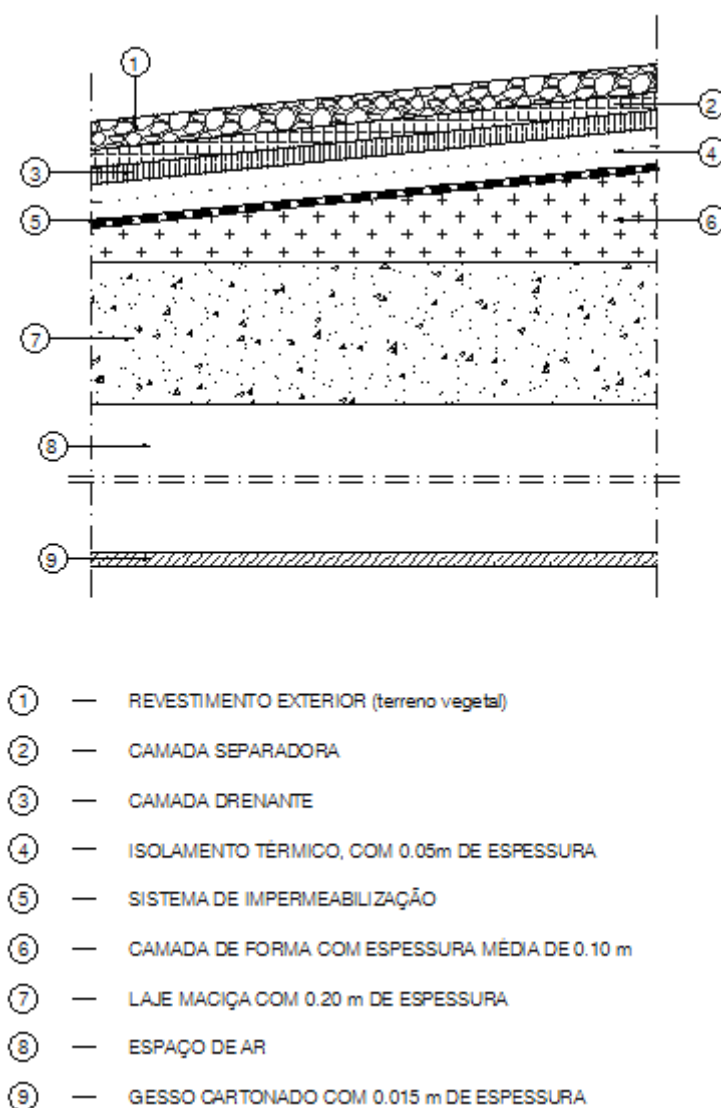
Sobre a laje maciça do RC foi colocada uma manta de lã de rocha e um revestimento autonivelante em argamassa com resinas epóxi. Este revestimento caracteriza-se pelas suas características anti derrapantes (Figura 20).



- ① — REVESTIMENTO AUTONIVELANTE ANTIDERRAPANTE COM 0.005m DE ESPESSURA
- ② — BETONILHA ARMADA COM 0.045 m DE ESPESSURA
- ③ — LÃ DE ROCHA COM 0.02m DE ESPESSURA
- ④ — LAJE MACIÇA COM 0.15 m DE ESPESSURA
- ⑤ — POLIURETANO PROJECTADO COM 0.05 m DE ESPESSURA

*Figura 20 - Solução construtiva para o pavimento Rés-do-chão.*

O Edifício Sustentável apresenta uma cobertura ajardinada (Figura 21). Esta cobertura invertida permite a proteção da impermeabilização das variações térmicas, radiações ultra violeta e agressões mecânicas, melhorando assim o seu desempenho e durabilidade. As coberturas ajardinadas permitem um bom desempenho térmico e acústico.



*Figura 21 - Solução construtiva para laje de cobertura.*

Um dos aspetos mais singulares deste edifício corresponde à reutilização e aproveitamento de águas residuais. A micro-ETAR (Estação de Tratamento de Águas

Residuais) existente destina-se a tratar as águas negras das casas de banho até um baixo nível de contaminação, possibilitando a sua descarga no lago ou para a rega.

As fitoETAR funcionam por processos de tratamento biológico em leito de macrófitas emergentes com escoamento subsuperficial, o que minimiza a emissão de odores e a atração de insetos (Figura 22).

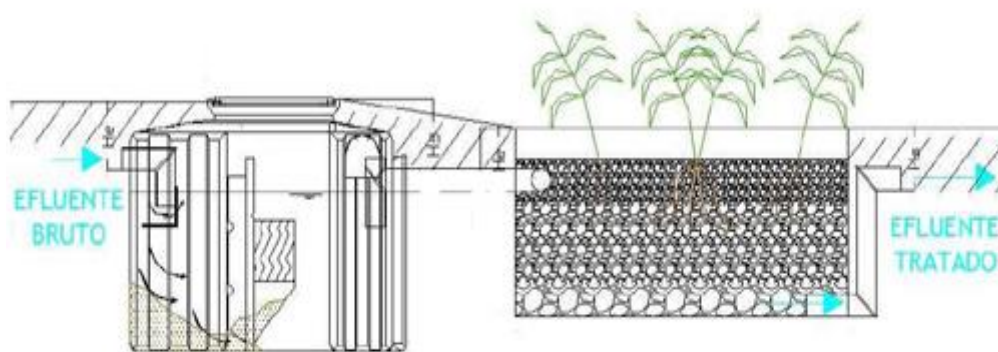
Este sistema cumpre com a norma Portuguesa NP 4434-2005 sobre a reutilização das águas residuais urbanas tratadas para rega. A qualidade da água deve ainda satisfazer as exigências impostas pelo Decreto-lei nº236/98, de 1 Agosto, relativamente às características físicas, químicas e microbiológicas.

O sistema é composto pelas seguintes operações unitárias:

- Tratamento biológico;
- Filtração;
- Desinfecção.

O tratamento biológico divide-se em dois processos:

- Arejamento;
- Decantação secundária.



*Figura 22 - Esquema fitoETAR.*

A bomba utilizada para a drenagem das águas residuais é uma eletrobomba submersível (Figura 23) e apresenta as condições técnicas indicadas na Tabela seguinte.

Tabela 4 - Caracterização Eletrobomba

| Eletrobomba submersível     |  |
|-----------------------------|--|
| Características             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corpo da bomba em ferro fundido e corpo do motor em aço inoxidável;</li> <li>• Impulsor aberto vortex;</li> <li>• Um vedante mecânico em carboneto de silício e um vedante labial;</li> <li>• Cabo (versão standard de 5 m);</li> <li>• Protecção térmica do motor na versão monofásica.</li> </ul> |
| Condições de funcionamento: | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluido: Água Residual</li> <li>• Caudal: 5.5 l/s</li> <li>• Altura manométrica: 5.5 m</li> <li>• Temperatura: 20 °C</li> <li>• Profundidade máxima de imersão: 5 m</li> <li>• Boca de descarga: DN 50</li> <li>• Motor: 3~400V/50Hz</li> </ul>  |
| Características do motor    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potência nominal: 1.1 kW</li> <li>• Velocidade: 2900 1/min</li> <li>• Marca: Lowara</li> <li>• Grau de protecção: IP X8</li> <li>• Tamanho da caixa motor: 56</li> <li>• Tipo de motor: Monofásico –DL</li> </ul>   |



*Figura 23 – Eletrobomba.*

Para a climatização do edifício foram previstos vários equipamentos, já que se pretende que este possa ser usado como laboratório experimental para avaliação dos consumos energéticos e do conforto térmico. Os sistemas para a climatização são:

- Bomba de calor;

Para se efetuar a produção de água fria/quente foi previsto uma bomba de calor ar/água com potência frigorífica nominal de 19 kW e uma potência nominal de aquecimento igual a 16 kW. A unidade inclui módulo hidráulico integrado (depósito de inércia, bomba, vaso de expansão e componentes hidráulicos). A central térmica relativa à Bomba de calor está localizada na cobertura (terraço).

- Caldeira mural de condensação;

A produção de água quente foi prevista em projeto com recurso a uma caldeira mural de condensação a gás natural, de potência nominal mínima e máxima de 4,8 kW e de 24 kW respetivamente. O rendimento da caldeira depende da potência de funcionamento e da temperatura de produção de água quente, variando entre os 97,6% e os 107,5% face ao poder calorífico inferior (PCI) do combustível. Note-se que o valor superior a 100% é possível já que a caldeira apresenta tecnologia de condensação e a eficiência é relativizada ao PCI e não ao poder calorífico superior (PCS) do gás natural.

A caldeira fica localizada no Piso – 1 e será de combustão estanque. Os fumos serão evacuados na vertical com saída direta para a cobertura.

- Unidade de tratamento de ar (UTA);

A UTA possui recuperador do tipo roda térmica com recuperação sensível (70 % de eficiência), Pré filtros G4 e Filtro F7. A UTA terá bateria a 4 tubos com módulo vazio para inspeção e manutenção. Possuirá no retorno uma sonda de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), uma sonda de temperatura e humidade e um sensor de qualidade do ar.

Está previsto a colocação de um contador para monitorização de energia elétrica gasta pelos motores da UTA.

A UTA pode recorrer a diferentes fontes térmicas, nomeadamente:

- Caldeira mural de condensação;
- Bomba de calor convencional;
- Sistema de ventilação com tubos enterrados.

- Unidade de tratamento de ar novo (UTAN);

A UTAN estará equipada com módulos de (i) ventilação, (ii) retorno, (iii) aquecimento/arrefecimento e (iv) recuperação de calor entálpico (roda térmica de velocidade variável). As baterias serão alimentadas por água proveniente das fontes térmicas centralizadas referidas anteriormente.

- Coletores solares-térmico.

Sistema solar com 3 conjuntos de 3 coletores solares cada. Estes coletores solares possuirão um depósito de inércia de 800 L, auxiliado por um depósito acumulador. O permutador de placas, (18 kW) encontra-se a jusante do tanque de inércia e do depósito acumulador. As temperaturas de ida/retorno serão de 54/40 °C no circuito secundário do permutador.

O estudo efetuado com a aplicação do LiderA na presente dissertação considera já as soluções descritas anteriormente, apesar de algumas ainda não estarem implementadas no Edifício Sustentável, já que este ainda está a ser equipado.



## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

De forma a estudar o comportamento térmico, acústico e o desempenho energético do edifício, procedeu-se às simulações das referidas especialidades, com a ferramenta Cype. Por fim realizou-se a aplicação do LiderA ao Edifício Sustentável.

### 4.1. Simulações

#### 4.1.1. Simulação acústica

No decorrer da presente dissertação foi simulada a envolvente do edifício de forma a conseguir analisar o seu comportamento acústico e verificar se cumpre os requisitos impostos pelo RRAE (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios), Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 junho. O Cype permitiu uma modelação realística do comportamento sonoro das zonas mais sensíveis acusticamente. Essas zonas correspondem aos 3 compartimentos existentes no edifício (sala de aula, laboratório e gabinete).

O RGR (Regulamento Geral do Ruído) é estabelecido legalmente pelo Decreto-Lei nº146/2006 de 31 julho, que transpõem para a Diretiva nº 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do conselho de 25 de Junho, relativa à avaliação do ruído ambiente e pelo Decreto-Lei nº9/2007, de 17 de janeiro.

O RRAE (Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios) foi aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002, de 11 maio na vertente de conforto acústico nos edifícios de forma a melhorar o ambiente, bem-estar e saúde da população. Foi necessário proceder à revisão do RRAE de forma a tornar este regulamento compatível com o RGR. Essas alterações encontram-se reguladas pelo Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 junho.

##### *4.1.1.1. Considerações de cálculo assumidas no programa Cype*

Tipo de edifício: Escolar;

Unidades de utilização: 1 sala de aula;

Regulamentação aplicável: RRAE, DL n°96/2008;

Exterior: Zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do n°1 do artigo 11° do RGR);

No RGR define-se zona sensível como sendo “*a área no plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local*”.

Verificando o mapa de ruído do conselho de Viana do Castelo elaborado em Novembro de 2008, a zona em que o edifício se encontra corresponde efetivamente a zona sensível. A classificação é atribuída tendo em conta os valores limite para o Lden (período diurno-entardecer-noturno) e o Ln (período noturno), a que se refere a Tabela seguinte:

*Tabela 5 - Níveis máximos de ruído permitidos segundo o RGR.*

| Indicador | Zona Mista | Zona sensível |
|-----------|------------|---------------|
| Lden      | ≤65 dB     | ≤55 dB        |
| Ln        | ≤55 dB     | ≤45 dB        |

A Figura 24 representa a carta de ruído do concelho de Viana do Castelo para os parâmetros  $L_{den}$  e  $L_n$ . É notória a influência das fontes móveis (transportes) que produzem níveis sonoros mais elevados na vizinhança das vias de comunicação de maior tráfego, sobretudo rodoviário. Pequenas fontes sonoras como por exemplo as estradas/caminhos municipais de pouco tráfego não são consideradas uma vez que não têm relevância à escala espacial aqui apresentada. A Figura permite constatar que na proximidade das vias rodoviárias de maior tráfego há níveis sonoros até, cerca de, 60 e 70 dB em termos de  $L_n$  e  $L_{den}$ , respetivamente.

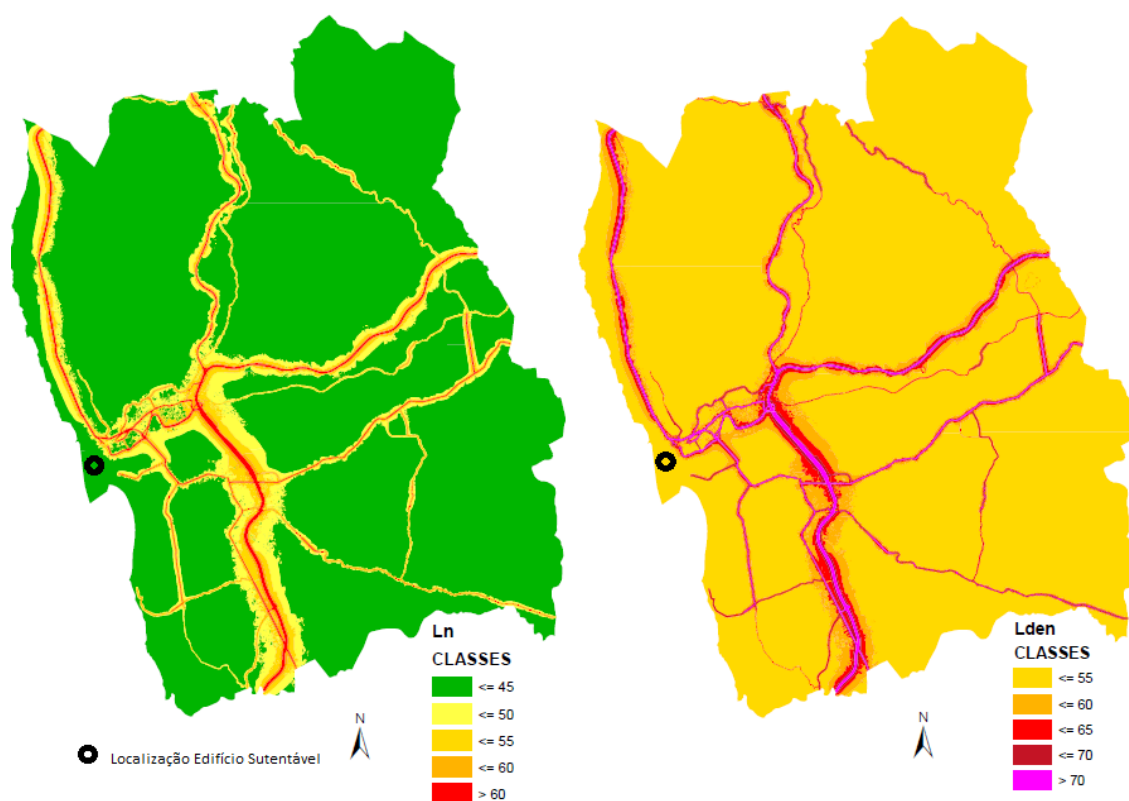


Figura 24 - Carta de ruído do concelho de Viana do Castelo para os indicadores Ln e Lden (Mendes, et al., 2008).

Ruído dominante por fonte de emissão: Ruído de tráfego urbano (C).

A Tabela 6 agrupa os tipos de fontes sonoras nos espectros de ruído correspondentes.

Tabela 6 - Tipo de Ruído dominante por fonte de emissão.

| Tipo de fontes sonoras                                  | Espectro indicado         | Termo de adaptação |
|---|---------------------------|--------------------|
| Atividades humanas (palavra, música, rádio, TV)         | Espectro de ruído<br>rosa | C                  |
| Brincadeiras de crianças                                |                           |                    |
| Tráfego ferroviário a velocidade média ou elevada       |                           |                    |
| Tráfego rodoviário (<80 km/h)                           |                           |                    |
| Avião a reação a curta distância                        |                           |                    |
| Oficinas que emitam ruído em médias e altas frequências |                           |                    |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| Tráfego rodoviário urbano                                   | Espectro de ruído<br>de tráfego urbano | Ctr |
| Tráfego ferroviário a velocidade reduzida                   |  |     |
| Avião a hélice  |  |     |
| Avião a reação a grande distância                           |  |     |
| Música de discoteca   |  |     |
| Oficinas que emitam ruído em baixas e<br>médias frequências |  |     |

De forma a compreender melhor a transmissão de sons aéreos, apresenta-se na Figura abaixo os diferentes percursos entre o compartimento emissor e compartimento recetor. São representados o caminho direto (Dd) e os três caminhos marginais (Df, Ff, Fd) de cada elemento da envolvente desses compartimentos. A letra F (*flanking*) e D (*direct*) representam o elemento da envolvente no compartimento emissor e o elemento de separação principal no mesmo compartimento respetivamente. As letras minúsculas referem-se aos mesmos elementos das letras maiúsculas mas no compartimento recetor.

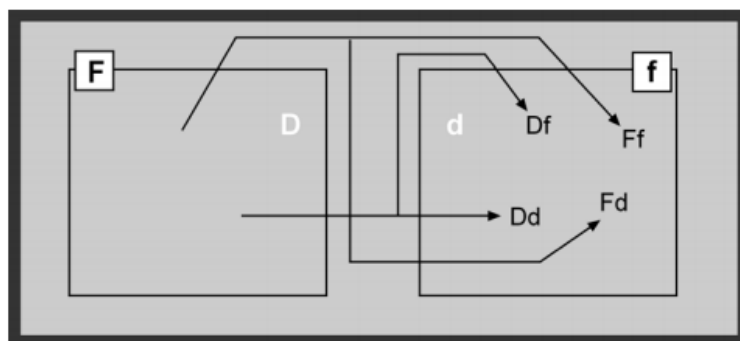


Figura 25 - Caminhos de transmissão sonora entre compartimentos adjacentes (ISO 12354-1).

#### 4.1.1.2. Som aéreo exterior

A Equação seguinte permite calcular o índice de isolamento sonoro de condução aérea, padronizado ( $D_{2m,nT,w}$ )

$$D_{2m,nt,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left( \frac{v}{6T_0 S_s} \right) \quad (4.1)$$

Onde,

$R'_w$  - Índice de redução sonora aparente (dB);

$L_{fs}$  - Variação da pressão sonora (dB);

$V$  - Volume ( $m^3$ );

$T_0$  - Tempo de reverberação de referência,  $T_0=0,5$  (s);

$S_s$  - Área total em contacto com o exterior ( $m^2$ ).

No parâmetro  $D_{2m,nT,w}$  o termo  $w$  significa que este é um valor único, um índice, que quantifica o isolamento sonoro a sons aéreos dos elementos. O termo  $2m$  significa que a medição é efetuada a 2 metros da superfície da fachada.

Aplicando a Equação 4.2, obtém-se o índice de redução aparente:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-0.1R_{Dd,w}} + \sum_{f=F=1}^n 10^{-0.1R_{Ff,w}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0.1R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0.1R_{Fd,w}} \right] \quad (4.2)$$

Os índices dos três caminhos marginais obtêm-se das seguintes Equações:

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \log \left( \frac{S_s}{l_0 l_f} \right) \quad (4.3)$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{s,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \log \left( \frac{S_s}{l_0 l_f} \right) \quad (4.4)$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{s,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \log \left( \frac{S_s}{l_0 l_f} \right) \quad (4.5)$$

Em que,

$R_{F,w}$  - Índice de redução sonora do elemento marginal  $F$ , no compartimento emissor, em dB;

$R_{f,w}$  - Índice de redução sonora do elemento marginal  $f$ , no compartimento recetor, em dB;

$R_{s,w}$  - Índice de redução sonora do elemento de separação principal, em dB;  
 $\Delta R_{Ff,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por adição de um revestimento, colocado nos elementos marginais do espaço emissor e/ou recetor, em dB;  
 $\Delta R_{Fd,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por adição de um revestimento, colocado no elemento marginal do espaço emissor e/ou no elemento de separação, no lado do espaço recetor, em dB;  
 $\Delta R_{Df,w}$  - Acréscimo de isolamento sonoro, por adição de um revestimento, colocado no elemento de separação do lado do emissor e/ou no elemento marginal do espaço recetor, em dB;  
 $K_{Ff}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações, no caminho Ff, em dB;  
 $K_{Fd}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações, no caminho Fd, em dB;  
 $K_{Df}$  - Índice de redução de transmissão de vibrações, no caminho Df, em dB;  
 $S_s$  - Área do elemento de separação, em m<sup>2</sup>;  
 $L_f$  - Comprimento comum entre o elemento de separação e o marginal, em m;  
 $l_0$  - Comprimento de referência ( $l_0=1$  m).

De referir ainda que as resistências  $R_{Ff,w}$ ,  $R_{Fd,w}$ ,  $R_{Df,w}$  dependem do parâmetro  $K_{ij}$  que corresponde às soluções construtivas, e representa a resistência à transmissão sonora na união de elementos construtivos. Exemplo disso são as ligações entre as lajes e paredes (Martins, 2008).

## **Resultados**

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados referentes aos sons aéreos exteriores para os três compartimentos.

*Tabela 7 - Resultados da condução de som aéreo exterior para os 3 compartimentos.*

| <b>Som aéreo exterior</b> | <b>Parâmetro</b>    | <b>Valor de cálculo (dB)</b> | <b>Valor mínimo regulamentar (dB)</b> | <b>Verificação</b> |
|---------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Sala de aula              | $D_{2m,nT,w}$ Sul   | 36.6                         | 28.0                                  | Cumpre             |
|                           | $D_{2m,nT,w}$ Este  | 36.5                         | 28.0                                  | Cumpre             |
|                           | $D_{2m,nT,w}$ Oeste | 53.9                         | 28.0                                  | Cumpre             |

|             |                               |      |      |        |
|-------------|-------------------------------|------|------|--------|
| Laboratório | D <sub>2m,nT,w</sub> Noroeste | 41.7 | 28.0 | Cumpre |
| Gabinete    | D <sub>2m,nT,w</sub> Este     | 30.1 | 28.0 | Cumpre |
|             | D <sub>2m,nT,w</sub> Norte    | 50.0 | 28.0 | Cumpre |

#### 4.1.1.3. Som aéreo interior

Para o cálculo do valor do isolamento a sons de condução aérea padronizado temos a Equação seguinte:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log \left( \frac{0.16V}{T_0 S_S} \right) \quad (4.6)$$

O parâmetro D<sub>nT</sub> representa o valor do isolamento a sons de condução aérea padronizado em cada banda de frequência, medido *in situ*, e o termo n significa que é um valor normalizado para a área de absorção sonora equivalente de 10 m<sup>2</sup>.

### Resultados

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados obtidos aos sons aéreos interiores.

Tabela 8 - Resultados ao som aéreo interior para os 3 compartimentos.

| Som aéreo interior | Parâmetro              | Valor de cálculo (dB) | Valor mínimo regulamentar (dB) | Verificação |
|--------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------|
| Sala de aula       | D <sub>nT,w</sub> Hall | 48.7                  | 30.0                           | Cumpre      |
| Laboratório        | D <sub>nT,w</sub> Hall | 49.0                  | 30.0                           | Cumpre      |
|                    | D <sub>nT,w</sub> Gab  | 54.6                  | 45.0                           | Cumpre      |
| Gabinete           | D <sub>nT,w</sub> Lab  | 49.5                  | 45.0                           | Cumpre      |
|                    | D <sub>nT,w</sub> Hall | 46.4                  | 30.0                           | Cumpre      |

#### 4.1.1.4. Sons de percussão

Para se proceder à verificação aos sons de percussão aplica-se as Equações seguintes:

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \log \left( \frac{0.16V}{A_0 T_0} \right) \quad (4.7)$$

$$L'_{n,w} = 10 \log \left( \sum_{j=i}^n 10^{0.1 L_{n,w,Df}} \right) \quad (4.8)$$

Em que,

$L'_{nT,w}$ -Nível global de pressão sonora a sons de percussão, padronizado (dB);

$L'_{n,w}$ - Nível global de pressão sonora a sons de percussão normalizado (dB);

$A_0$ - Área de Absorção Sonora Equivalente de Referência (10 m<sup>2</sup>).

## **Resultados**

Na Tabela seguinte apresentam-se os valores referentes aos sons de percussão.

*Tabela 9 - Resultados aos sons de percussão para os 3 compartimentos.*

| Sons de percussão | Parâmetro        | Valor de cálculo (dB) | Valor máximo regulamentar (dB) | Verificação |
|-------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------|
| Sala de aula      | $L'_{nt,w}$ Hall | 29.6                  | 60.0                           | Cumpre      |
| Laboratório       | $L'_{nt,w}$ Hall | 29.1                  | 60.0                           | Cumpre      |
| Gabinete          | $L'_{nt,w}$ Lab  | 33.9                  | 65.0                           | Cumpre      |
|                   | $L'_{nt,w}$ Hall | 30.8                  | 60.0                           | Cumpre      |

### *4.1.1.5. Tempo de reverberação*

O tempo de reverberação obtém-se da aplicação da equação 4.9.

$$T = \frac{0.16V}{\sum S_i \alpha_i} \quad (4.9)$$

Sendo,

T - Tempo de reverberação, em segundos;

$S_i$  - Área de cada elemento i da envolvente, em m<sup>2</sup>;

$\alpha_i$  - Coeficiente de absorção de cada elemento i.



## **Resultados**

A Tabela 10 apresenta os resultados referentes ao tempo de reverberação dos três compartimentos.

*Tabela 10 - Resultados da reverberação para os 3 compartimentos.*

| <b>Tempo de reverberação</b> | <b>Parâmetro</b> | <b>Valor de cálculo</b> | <b>Valor máximo regulamentar</b> | <b>Verificação</b> |
|------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Sala de aula                 | T (s)            | 0.4                     | 0.80                             | Cumpre             |
| Laboratório                  | T (s)            | 0.4                     | 0.70                             | Cumpre             |
| Gabinete                     | T (s)            | 0.3                     |                                  |                    |

### *4.1.1.6. Análise de resultados*

A simulação efetuada no Cype permite concluir que o isolamento do edifício cumpre com as exigências impostas no RRAE.

Os sons de percussão propagam-se por solicitação mecânica dos elementos estruturais, assim sendo este tipo de sons são muito influenciados pela rigidez dos materiais que compõem as soluções construtivas. No caso do pavimento considerado na simulação e que está representado na Figura 20, estamos perante uma situação que incorpora no pavimento um material resiliente (lã rocha).

Para se minimizar a transmissão entre áreas distintas deve-se optar por soluções que incorporem materiais flexíveis e elásticos para revestimentos em pavimentos. Estas soluções permitem reduzir a energia que é transmitida à laje estrutural. Outra opção passa por criar duas camadas separadas por materiais resilientes ou caixa-de-ar. Desta forma evita-se ligações rígidas entre as duas camadas que possam conduzir os sons de percussão à laje estrutural.

No que diz respeito aos sons aéreos exteriores, todas as zonas verificam os respetivos  $D_{2m,nT,w}$ . Contudo se o edifício se situasse numa zona mista, o  $D_{2m,nT,w}$  da fachada Este do gabinete não se verificaria uma vez que o valor regulamentar passaria a ser de  $D_{2m,nT,w} \geq 33$  dB e o valor calculado de 30.1 dB. Algumas das soluções para melhorar o desempenho acústico do edifício, mais concretamente no parâmetro  $D_{2m,nT,w}$  são:

- Aumentar a massa da solução, principalmente em situação de paredes simples;
- Optar por materiais mais rígidos de forma a diminuir a vibração do elemento;

- Optar por paredes duplas. Desta forma cria-se um sistema com um elemento elástico (ar) entre duas massas. Incorporar ainda material absorvente para que se reduza a frequência a que ocorre a ressonância.

No que diz respeito aos sons aéreos interiores e ao tempo de reverberação todos os  $D_{nT,w}$  e  $T$  calculados verificam o estipulado no RRAE não apresentando problemas nestes dois fatores. No caso da reverberação o bom desempenho do edifício deve-se principalmente à boa absorção acústica apresentada pela solução de teto falso com  $\alpha=1$ .

#### 4.1.2. Simulação térmica

De forma a compreender o desempenho térmico do Edifício Sustentável realizou-se a simulação do mesmo no programa Cype. Esta simulação considera o edifício tal como se encontra atualmente, não considerando os equipamentos associados aos sistemas de ventilação a instalar no futuro.

Para efeitos de cálculo no Cype e por se tratar de um edifício de tipologia escolar utilizou-se o RECS (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços). O RECS é regulado pelo Decreto-Lei nº118/2013, de 20 de agosto, que aprovou ainda o sistema de certificação energética dos edifícios e o REH (Regulamento de desempenho Energético dos Edifícios de Habitação), transpondo a diretiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010.

##### *4.1.2.1. Considerações de cálculo assumidas no programa Cype*

1. Tipo de edifício: Escolar;
2. Cálculo de cargas: Arrefecimento e aquecimento;
3. Localização: Viana do Castelo;
4. Zona Inverno: I2;
5. Zona Verão: V1;
6. Resistência e transmitância térmica de elementos construtivos. Os cálculos realizados pelo Cype baseiam-se nas seguintes normas:

- EN ISO 6946- *Building components and building elements. Thermal Resistance and thermal transmittance. Calculation method*;
- EN ISO 13370- *Thermal performance of buildings. Heat transfer via the ground. Calculation methods*;
- EN ISO 10077-1 *Thermal performance of Windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Simplified method*.

7. Análise de pontes térmicas lineares: Valores de referência propostos pela norma EN ISO 14683;
8. Análise numérica de pontes térmicas lineares: valores previstos na norma EN ISO 10211.

#### 4.1.2.2. Cargas térmicas

Para dimensionar corretamente os sistemas de aquecimento ou de refrigeração é necessário saber qual a quantidade de energia que deve ser fornecida ou retirada ao ar ambiente do espaço a climatizar, definindo-se assim as cargas térmicas.

A análise que se segue foi feita para uma situação de arrefecimento, considerando os ganhos existentes pela 1) envolvente opaca, 2) ventilação, 3) ocupação e 4) equipamentos interiores que dissipem energia. Essa análise foi efetuada apenas para a sala de aula por ser o compartimento que apresenta a maior carga térmica total. Os valores referentes às cargas térmicas das restantes divisões podem ser consultados em Anexo - B.

As soluções construtivas modeladas podem apresentar algumas discrepâncias em relação às apresentadas no edifício. Os materiais modelados no Cype foram o mais próximo possível dos existentes no edifício. Assim espera-se que essas aproximações realizadas terão baixo impacto no resultado obtido.

#### Coeficiente de transmissão térmica (U):

De forma a obter as transmissões térmicas de cada solução construtiva recorre-se à Equação 4.10.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \quad [\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (4.10)$$

Sendo,

$R_j$  - Resistência térmica da camada  $j$  ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$ );

$R_{si}$  - Resistência superficial interior ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$ );

$R_{se}$  - Resistência superficial exterior ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$ ).

O cálculo das resistências térmicas das camadas é efetuado pela seguinte Equação:

$$R_j = \frac{e}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (4.11)$$

Sendo,

$e$  - Espessura da camada (m);

$\lambda$  - Condutibilidade térmica da camada ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

#### Fator solar global:

O valor do fator solar dos envidraçados obtém-se aplicando a Equação 4.12.

$$G_T \cdot F_0 \cdot F_f \leq G_{T\text{máx}} \quad (4.12)$$

Sendo,

$G_T$  - fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar ativos;

$F_0$  - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado compreendendo palas e varandas;

$F_f$  - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;

$G_{T\text{máx}}$  - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados.

O valor de  $G_{T\text{máx}}$  é obtido da seguinte Tabela:

*Tabela 11 -  $G_{Tmáx}$  por zona climática obtido do RECS.*

| V1   | V2   | V3   |
|------|------|------|
| 0.56 | 0.56 | 0.50 |

#### *4.1.2.3. Carga térmica da envolvente da sala de aula*

A Figura 26 permite concluir que, a nível da envolvente, o acréscimo de carga térmica é mais significativo nos envidraçados. Aí o pico máximo situa-se aproximadamente nos 950 W (às 11 horas). Tendo em conta que a sala apresenta envidraçados nas fachadas Este e Sul, o valor referido é espectável uma vez que a sala se situa na zona Sul do edifício, recebendo assim forte radiação solar. A contribuição dos envidraçados para a carga térmica deve-se ao facto de serem transparentes, permitindo assim que a radiação visível os atravesse.

Os ganhos térmicos pela cobertura mantêm-se quase constantes ao longo das 24 horas com ganhos na ordem de 150 W. Apesar das coberturas serem dos elementos mais expostos à radiação solar, a solução construtiva (cobertura ajardinada), apresenta baixo U, reduzindo assim ganhos energéticos no Verão. É de considerar ainda as sombras originadas pela platibanda que reduzem a incidência de radiação solar na cobertura.

Os ganhos pelas envolventes exteriores (fachadas opacas) apresentam uma evolução temporal em onda sem picos consideráveis, mas com um comportamento oposto ao ciclo da radiação solar. O momento em que a carga térmica é menor (aproximadamente 30 W às 12 horas) coincide com o ganho máximo dos envidraçados. Tal deve-se à inércia térmica dos elementos que compõem as paredes. A inércia térmica é influenciada pela massa e espessura dos materiais e retarda a passagem de calor para o interior. Isto significa que durante o dia a radiação incidente é absorvida pela parede mas há um desfasamento temporal do fluxo de calor que atravessa as paredes relativamente à incidência solar. Quanto maior a inércia térmica mais tempo a energia demora atravessar o elemento, originando valores relativamente constantes de ganhos pelas paredes ao longo de 24 horas.

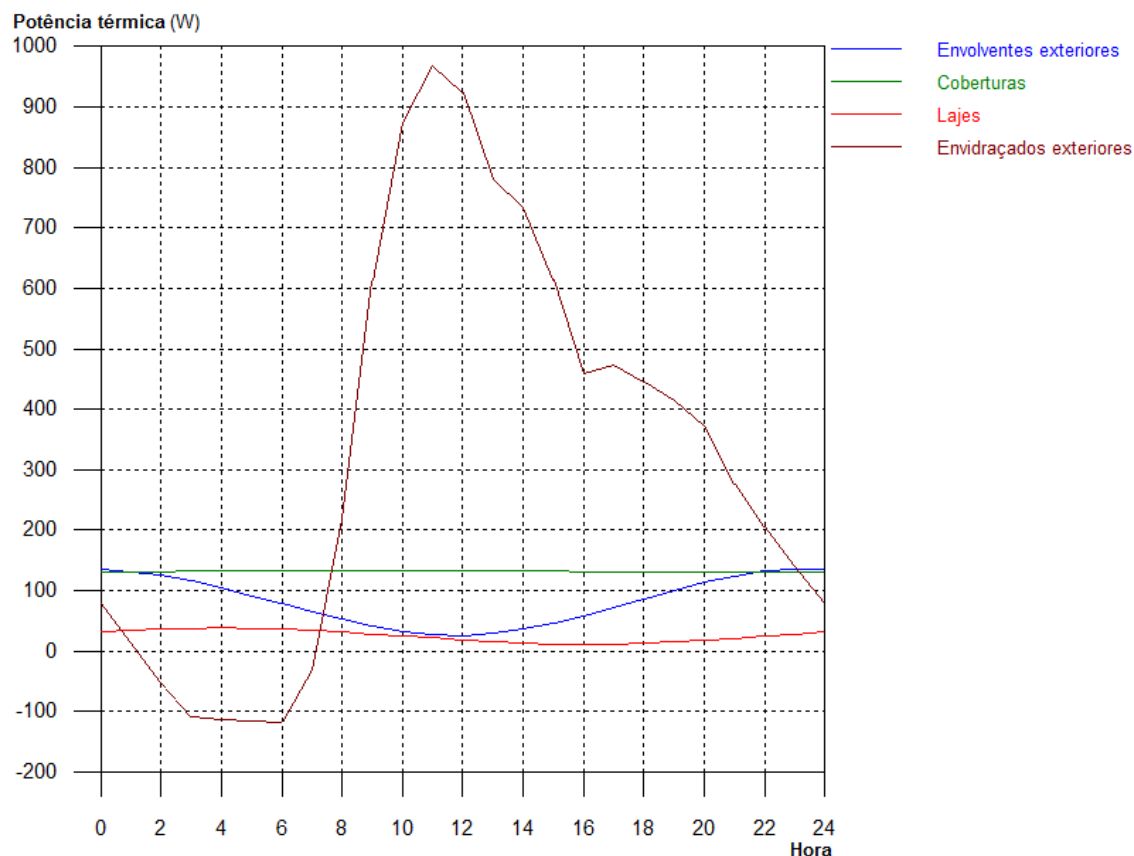


Figura 26 - Evolução da carga térmica associada à envolvente.

#### 4.1.2.4. Carga térmica por renovação do ar

Os ganhos associados à ventilação mecânica estão associados ao calor sensível e ao calor latente de ventilação (entrada de ar exterior).

O calor sensível é o calor adicionado a determinado material que provoca o aumento de temperatura do mesmo (sem mudança do estado físico). Assim no caso da linha azul (Figura 27), correspondente ao aumento de temperatura do ar que é aquecido, o que leva a que se atinja um pico de ganho energético aproximado de 3000 W por volta das 17 horas. Isto porque nos dias de verão o pico de calor no ar exterior ocorre entre as 13h e as 17h. No intervalo da 1 às 11 horas há perda de carga térmica já que a temperatura do ar exterior é mais baixa que a pretendida no interior do edifício.

O calor latente é o calor associado à mudança de estado. A humidade presente no ar pode aumentar ou baixar levando à condensação ou evaporação, o que acarreta variações de calor latente. À noite o ar frio possui maior conteúdo de água que o

desejado no interior e a sua desumidificação cria ganhos energéticos no equipamento da ventilação.



Figura 27 - Evolução da carga térmica associada à ventilação.

#### 4.1.2.5. Carga térmica interna (ocupação, iluminação, instalações, portas e janelas interiores)

As cargas térmicas indicadas na Figura 28 com exceção das portas e janelas interiores são influenciadas pelo período de utilização.

Considera-se cerca de 500 W para a iluminação artificial com utilização de lâmpadas Fluorescente para a iluminação adequada dos espaços, com um perfil de utilização a 50% entre as 10 e as 17 horas.

O Cype assume que cada ocupante, em situação sentada/trabalho ligeiro gera 64 W. A modelação assume ainda que há um perfil de ocupação escolar com intervalo das 12h às 14h em que as aulas terminam por volta das 20h. A mesma figura permite verificar que o maior contributo para a carga térmica advém dos ocupantes com um valor a rondar os 1900 W, (ocupação de 30 pessoas). A contribuição das instalações e

equipamentos interiores, tais como computadores, projetor entre outros associados a uma sala de aula, não ultrapassa os 600 W.

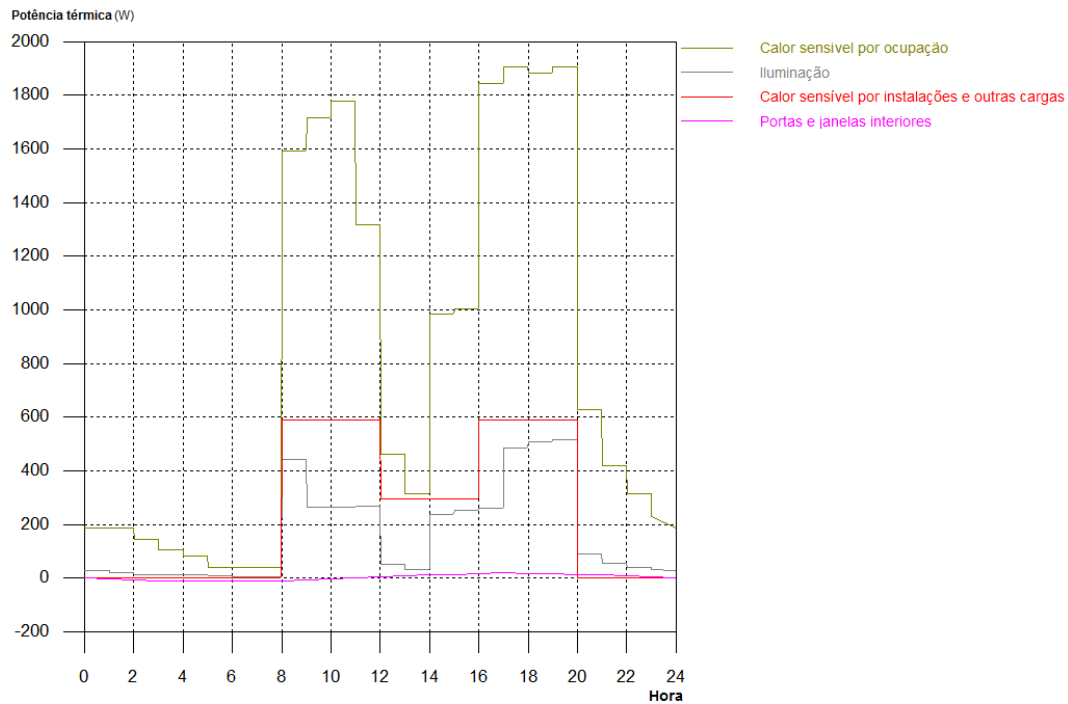


Figura 28 - Evolução da carga térmica associada à ocupação, iluminação, instalações, portas e janelas interiores.

#### 4.1.2.6. Carga térmica total

A Figura seguinte apresenta a soma de todas as cargas térmicas analisadas anteriormente (i) cargas térmicas externas, ii) ventilação e iii) cargas térmicas internas). Verifica-se que a sala apresenta uma carga térmica máxima próxima dos 9000 W pelo que esta seria a potência necessária instalar, para arrefecimento deste compartimento. Esta potência (9 kW) provém maioritariamente da ventilação associada ao arrefecimento e desumidificação do ar externo (cerca de 5.5 kW). Este valor é diretamente proporcional a taxa de entrada de ar exterior e que depende da taxa de renovação de ar. Para este caso (sala de aula) o Cype assume um valor de  $45 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  por pessoa que corresponde à categoria de qualidade do ar interior IDA2. Os valores de referência para esta categoria de qualidade do ar encontram-se na norma EN 13779.



Essa potência necessária de arrefecimento da sala de aula (9 kW) é exequível, uma vez que, hoje em dia, há diversos equipamentos nesta gama operacional. Tendo em conta a instalação de um ar condicionado com COP de 4, a potência de consumo elétrico é de uma quarta parte dos 9 kW.

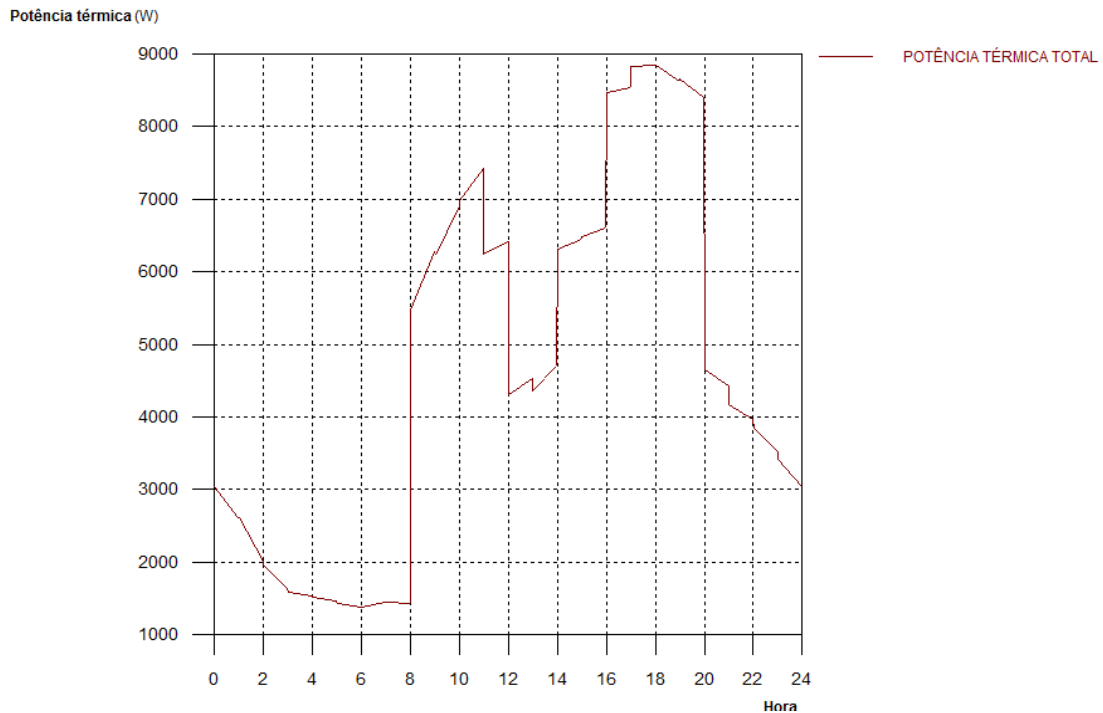


Figura 29 - Evolução carga térmica total.

#### 4.1.3. Desempenho energético

De forma a obter a classe energética do edifício considera-se os consumos energéticos que lhe estão associados. Consumos correspondentes ao tipo S são consumos energéticos considerados no cálculo da classificação energética do edifício. Consumos tipo T são consumos que não são considerados no cálculo da classificação energética. Os tipos de consumo a serem considerados em cada situação são apresentados na Tabela seguinte.

Tabela 12 - Consumos de energia a considerar no IEE<sub>S</sub> e no IEE<sub>T</sub>.

| Consumo no IEE <sub>S</sub> (Indicador de Eficiência Energética)  | Consumos no IEE <sub>T</sub> (Indicador de Eficiência Energética)  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humificação e desumificação;</li> <li>• Ventilação e bobagem em sistemas de climatização;</li> <li>• Aquecimento de águas sanitárias e de piscinas;</li> <li>• Iluminação interior;</li> <li>• Elevadores, escadas e tapetes rolantes (a partir de 1 de janeiro de 2016);</li> <li>• Iluminação exterior (a partir de 1 janeiro de 2016).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação e bobagem não associada ao controlo de carga térmica;</li> <li>• Equipamentos de frio;</li> <li>• Iluminação dedicada e de utilização pontual;</li> <li>• Elevadores, escadas e tapetes rolantes (até 31 de dezembro de 2015);</li> <li>• Iluminação exterior (até 31 de dezembro de 2015);</li> <li>• Todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE<sub>S</sub>.</li> </ul> |

Nos cálculos dos IEE<sub>S</sub> não foram considerados consumos de climatização, o edifício não tem necessidades de AQS pelo que também não são considerados consumos para o aquecimento de piscinas, elevadores, escadas e tapetes rolantes.

Nos cálculos dos IEE<sub>T</sub> não foram considerados os consumos de ventilação e bobagem não associada ao controlo de carga térmica. Existem sistemas de bombagem para o sistema do micro ETAR contudo como não se encontra em funcionamento não foram considerados estes consumos, os quais serão bastante reduzidos. O edifício não tem necessidades para equipamentos de frio.

Valores de iluminação exterior, iluminação dedicada e de utilização pontual e ainda os equipamentos existentes não incluídos em IEE<sub>S</sub> não são atribuídos pelo programa pelo que foi feita uma ponderação para os consumos respetivos. Todos os outros valores apresentados nas fichas de resultados são considerados pelo programa tendo em atenção as necessidades para cada tipo de compartimento atribuído.

#### Iluminação exterior:

Considerou-se 4 lâmpadas de 10 W com um funcionamento de 10 horas diárias.

Assim  $4 \times 10 \times 10 \times 365 = 146 \text{ kW.h/ano}$ .

Equipamentos existentes não incluídos em IEEs:

Considerando 20 computadores com consumo de 120 W em funcionamento 8h por dia.

Assim  $20 \times 120 \times 8 \times 365 = 7008 \text{ kW.h/ano}$ .

Em suma, no global de iluminação exterior e dos 20 equipamentos informáticos haverá um consumo anual de 7.15 MW.h.

A Equação 4.13 permite calcular o indicador de Eficiência Energética previsto.

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,REN} \quad [\text{kW.h.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}] \quad (4.13)$$

Na Tabela 13 apresentam-se os valores referentes ao cálculo do  $IEE_{pr}$ .

*Tabela 13 - valores de cálculo do indicador de eficiência energética previsto.*

| Parâmetro             | Descrição   | Valor de cálculo<br>[kW.h.m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> ] |
|-----------------------|---|--|
| IEE <sub>pr,S</sub>   | Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo S;   | 158.69   |
| IEE <sub>pr,T</sub>   | Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo T;   | 56.93  |
| IEE <sub>pr,REN</sub> | Indicador de Eficiência Energética previsto associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis. | 00.00  |
| IEE <sub>pr</sub>     | Indicador de Eficiência Energética previsto;  | 215.62   |

O valor de  $IEE_{pr}$  traduz o consumo de energia anual do edifício tendo em atenção a localização, as características da envolvente, eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização do edifício.

Para calcular o indicador de eficiência energética de referência recorre-se à Equação 4.14.

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad [\text{kW.h.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}] \quad (4.14)$$

Os valores de calculo do IEE<sub>ref</sub> são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de cálculo do indicador de eficiência energética de referência.

| Parâmetro            | Descrição  | Valor de cálculo<br>[ kW.h.m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> ] |
|----------------------|--|---|
| IEE <sub>ref,S</sub> | Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos do tipo S; | 275.05  |
| IEE <sub>ref,T</sub> | Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos do tipo T. | 56.93   |
| IEE <sub>ref</sub>   | Indicador de Eficiência Energética de referência                                   | 331.97  |

O valor de IEE<sub>ref</sub> traduz o consumo de energia anual do edifício com soluções de referência para alguns elementos e sistemas técnicos que componham o edifício sem alterar as restantes características.

O rácio final considerado para a atribuição da classe de desempenho obtém-se a partir da seguinte Equação:

$$RIEE = (IEE_{pr,S} - IEE_{REN}) / IEE_{ref,S} \quad [\text{kW.h.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}] \quad (4.15)$$

Os valores que permitiram calcular o rácio final são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de cálculo para o rácio final de Eficiência Energética.

| Parâmetro             | Descrição   | Valor de cálculo<br>[ kW.h.m <sup>-2</sup> .ano <sup>-1</sup> ] |
|-----------------------|---|---|
| IEE <sub>pr,S</sub>   | Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo S;   | 158.69  |
| IEE <sub>pr,REN</sub> | Indicador de Eficiência Energética previsto associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis. | 00.00   |
| IEE <sub>ref,S</sub>  | Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos do tipo S;  | 275.05  |
| RIEE                  | Rácio de classe energética;   | 0.577   |

#### 4.1.3.1. Análise de resultados

Após os resultados obtidos, é possível verificar que o edifício cumpre com o exigido pelo RECS (Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 agosto) onde pode-se ler no anexo 1, ponto 4.1 do referido documento que os edifícios novos devem apresentar um IEEpr inferior ao IEEref. A verificação está apresentada na Equação 4.16 com os respectivos valores de cálculo.

$$IEEpr = 215.62 \leq IEEref = 331.97 \quad [\text{kW.h.m}^{-2}\text{.ano}^{-1}] \quad (4.16)$$

A classe energética, simulada pelo Cype é um elemento essencial para aplicar o critério 7 do LiderA. Determinou-se assim um rácio de classe energética de 57,7% (Anexo - A), correspondente à classe de desempenho energético **B**.

Considerando que o mínimo exigido para edifícios novos é de 100% que corresponde a uma classe **B** (Figura 30), conclui-se que o edifício sustentável, projetado em 2013, possui um bom desempenho. É espectável que a classe melhore quando o edifício estiver totalmente equipado uma vez que nesta classificação não foi considerado qualquer fonte de energia renovável. No entanto estão previstos coletores solares térmicos para auxiliar na climatização, o que diminuirá o consumo de energia não renovável.

## 2.- CLASSE ENERGÉTICA

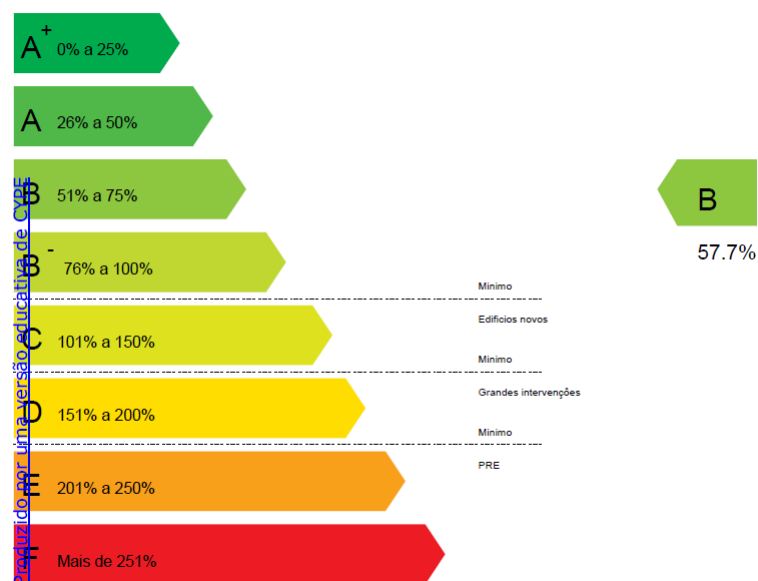


Figura 30 - Atribuição classe energética.

## 4.2. Aplicação do LiderA

De seguida aplicam-se os 43 critérios que constituem o LiderA e faz-se uma análise e discussão relativa ao caso de estudo. Os argumentos apresentados nessa discussão permitem justificar a classificação de cada critério, entre E até A+ que é igualmente apresentada.

### 4.2.1. Integração local

A Tabela 16 apresenta o resultado dos 6 critérios pertencentes à vertente da integração local. A justificação da classificação atribuída é dada mais abaixo para cada critério de forma individualizada.

Tabela 16 - Avaliação Integração local.

| %  | Vertentes        | Áreas                 | % | Crítérios                            | NºC | Classe |
|----|------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|-----|--------|
| 14 | Integração local | Solo                  | 7 | Valorização territorial              | C1  | C      |
|    |                  |                       |   | Otimização ambiental da implantação  | C2  | A+     |
|    |                  | Ecossistemas naturais | 5 | Valorização ecológica                | C3  | A+     |
|    |                  |                       |   | Interligação de habitats             | C4  | B      |
|    |                  | Paisagem e património | 2 | Integração paisagística local        | C5  | B      |
|    |                  |                       |   | Proteção e valorização do património | C6  | B      |

#### C1 - Valorização territorial (classificação atribuída: C);

- Construir em áreas degradadas ou abandonadas (já intervencionadas), com solo contaminado, as quais deverão ser descontaminados;
  - A área em que se encontra o edifício não tinha ainda sido intervencionada, sendo a área da obra correspondente a espaços verdes sem contaminação.
- Construir em zonas infraestruturadas de redes de esgotos e água;
  - A zona do edifício já se encontrava infraestruturada com as diferentes redes de serviços.

- Respeitar e salvaguardar as condicionantes e as áreas sensíveis do PDM (Plano Diretor Municipal).
  - O PDM de Viana do Castelo não apresenta qualquer condicionante na zona intervencionada.

C2 - Otimização ambiental da implantação (classificação atribuída: A+);

- Reduzir a área de implantação do edifício e zonas afins.
  - A área de implantação (190 m<sup>2</sup>) é bastante reduzida quando comparada com a área verde circundante superior a 5000 m<sup>2</sup>. Trata-se de um edifício pequeno constituído por cave e rés-do-chão.

C3 - Valorização ecológica (classificação atribuída: A+);

- Manter no local todas as espécies fauna e flora (em especial as endémicas);
  - A zona da construção apresenta um lago onde existe uma variedade de espécies de fauna e flora características destes habitats. O edifício pelas suas características, utilização e dimensões, apesar da sua proximidade do lago, não coloca em causa a permanência destas espécies.
- Procurar ainda aumentar a biodiversidade e/ou área ecológica presente.
  - O edifício apresenta uma cobertura ajardinada de forma a proporcionar continuidade das áreas verdes.

C4 - Interligação de habitats (classificação atribuída: B);

- Evitar a existência de barreiras/obstáculos físicos entre habitats ou no mesmo habitat;
  - O edifício como estrutura que é representa por si só uma barreira física. Esta situação deixa de ter elevado significado quando se compara a sua dimensão com a dimensão dos espaços verdes. Tendo uma dimensão reduzida (quando comparado aos edifícios vizinhos), pode-se considerar que não constitui

uma barreira entre habitats. Além disso não possui barreiras na sua envolvente (muros ou vedações).

- Colocar estruturas (tocas, ninhos, etc.) que favoreçam o desenvolvimento de espécies;
  - Não foram colocadas quaisquer estruturas que possam promover o desenvolvimento de espécies existentes.
- Promover a continuidade da estrutura verde nas zonas envolventes.
  - O edifício como já referido tem a cobertura ajardinada. Os espaços verdes existentes são amplos e com arborização, promovendo a interligação dos habitats.

#### C5 - Integração paisagística local (classificação atribuída: B);

- Utilização de uma paleta de cores dentro das existentes no local;
  - O edifício segue a linha de cores do edifício da biblioteca que se localiza ao lado em cor cinza. É complementado em parte por acabamento em madeira, conferindo-lhe uma melhor ligação com a paisagem.
- Utilização de materiais de acordo com os tipicamente utilizados na circundante;
  - Nem todos os materiais utilizados correspondem aos tipicamente utilizados na circundante, uma vez que se procura neste edifício bons rendimentos tanto a nível acústico e térmico. A estrutura em betão armado com paredes em alvenaria de blocos térmicos. As fachadas são revestidas com ETICS.
- Alturas semelhantes à existente no local.
  - A altura do Edifício Sustentável corresponde à altura da biblioteca.

#### C6 - Proteção e valorização do património (classificação atribuída: B).

- Relação do edifício com o património envolvente (construído ou natural) e adequação do uso ao tipo de ambiente.
  - A forma do edifício adapta-se bem ao património existente, proporcionando um ambiente de harmonia com a natureza. O edifício tem fins académicos e está localizado em ambiente com potencial para aplicação de diversas



soluções tecnológicas sustentáveis sem comprometer o património natural envolvente.

#### 4.2.1.1. Conclusão relativamente à vertente da integração local

De uma forma geral no que diz respeito à vertente Integração local o edifício em estudo tem um desempenho bastante positivo, cumprindo com praticante todas as boas práticas. Carece no entanto de infraestruturas de apoio às espécies/ habitats existentes de forma a minimizar ao máximo o impacto do edifício, apesar de já considerar que o impacto é reduzido.

Algumas das soluções que podiam ser adotadas para uma melhor Interligação de habitats seria um sistema de fachada verde para o edifício e eventualmente a aplicação de estruturas como ninhos/ tocas nas redondezas, que ajudem ao desenvolvimento das espécies existentes.

#### 4.2.2. Recursos

A Tabela 17 apresenta a classificação dos 9 critérios associados à vertente Recursos.

Tabela 17 - Avaliação dos 9 critérios da vertente Recursos.

| %  | Vertentes | Áreas       | %  | Critérios  | N°C | Classe |
|----|-----------|-------------|----|--|-----|--------|
| 32 | Recursos  | Energia     | 17 | Certificação energética                          | C7  | B      |
|    |           |             |    | Desenho passivo                                  | C8  | B      |
|    |           |             |    | Intensidade em carbono (e eficiência energética) | C9  | B      |
|    |           | Água        | 8  | Consumo de água potável                          | C10 | A      |
|    |           |             |    | Gestão de águas locais                           | C11 | B      |
|    |           | Materiais   | 5  | Durabilidade                                     | C12 | A      |
|    |           |             |    | Materiais locais                                 | C13 | B      |
|    |           |             |    | Materiais de baixo impacto                       | C14 | B      |
|    |           | Alimentares | 5  | Produção local de alimentos                      | C15 | E      |

C7 - Certificação energética (classificação atribuída: B);

- Cumpre a lei em vigor da Certificação Energética, preferencialmente com classes de melhor nível, nomeadamente nível A e A+.
  - O edifício não está certificado energeticamente;
  - Foi realizada a simulação no Cype de forma a conseguir uma aproximação do desempenho energético. Na simulação considerou-se o edifício tal como se encontra atualmente, obtendo a classe B.

C8 - Desenho passivo (classificação atribuída: B);

- Diminuição das necessidades nominais de energia, por intervenção de práticas de desenho passivo;
  - Com orientação a Este, sendo esta a fachada com maior área de envidraçado (18m<sup>2</sup>), apresenta sombreamento horizontal pelo exterior apenas no hall de entrada. A Sul e Oeste não existe qualquer tipo de sombreamento exterior. O edifício apresenta isolamento adequado tanto nas fachadas como na cobertura.

C9 - Intensidade em carbono e eficiência energética (classificação atribuída: B);

- Potenciar a redução das emissões de gases de efeito de estufa. Selecionar o número de equipamentos existentes, com boa classificação de eficiência energética;
  - O edifício não está equipado com eletrodomésticos e as lâmpadas utilizadas são fluorescentes pelo que não é espetável grande emissão de gases com efeito de estufa com origem nas atividades do edifício.
- Energia renovável que é produzida no edifício.
  - Não se encontra equipado com qualquer tipo de sistema de produção de energia elétrica, pelo que todos os consumos elétricos provêm do fornecimento da rede pública. Está pensado um sistema de coletores solares para aquecimento de águas que auxiliam os sistemas de climatização.

C10 - Consumo de água potável (classificação atribuída: A);

- Reduzir o consumo de água primária proveniente da rede de abastecimento público;

- Como se trata de um edifício apenas com atividades inerentes a aulas/investigação, o consumo de água é nos sanitários. De forma a reduzir os consumos de água, as torneiras presentes nos sanitários são torneiras com temporizador, o mesmo sistema de temporizador está presente nos urinóis. As retretes têm sistemas de dupla descarga. As águas cinza são ainda reaproveitadas através de micro ETAR para fins de rega.
- Utilização de águas pluviais;
  - Não existe nenhum sistema de aproveitamento das águas pluviais em funcionamento, embora seja de fácil implementação tendo em conta a instalação técnica existente na cave.
- Sistemas de monitorização, além dos contadores de água e acessíveis aos utilizadores;
  - Sendo um edifício relativamente reduzido e com baixo consumo de água, colocar mais sistemas de monitorização não seria de alguma forma vantajoso numa perspetiva de retorno económico.
- Reduzir as necessidades de água no espaço exterior.
  - Os consumos no exterior do edifício, são reduzidos, podendo-se dividir em rega e lavagem de pavimentos. Os pavimentos existentes têm áreas reduzidas pelo que não requerem grandes gastos numa eventual lavagem. Quanto a rega, é em pequenas quantidades, já que a vegetação presente é constituída por espécies endémicas e portanto adaptadas ao clima e solo local, reservando a necessidade de rega apenas para as árvores nos meses mais secos.

*C11 - Gestão de águas locais (classificação atribuída: B);*

- Elaboração de planos de captação e proteção dos aquíferos locais;
  - Não existe captação de águas subterrâneas.
- Tipo de rega efetuada;
  - A rega a efetuar será por aspersão.
- Plano de gestão de águas locais;
  - Não existe um plano para gerir as águas locais. Pelo que as águas pluviais são encaminhadas da cobertura para o terreno envolvente acabando no lago.

- Tomar medidas, no local, para reduzir em % a escorrência de águas pluviais anual;
  - Com exceção da cobertura não existem áreas impermeáveis em redor do edifício. A cobertura é ajardinada o que permite reter água no solo existente e reduzir a escorrência de águas provenientes da cobertura.
  - A envolvente é constituída por áreas verdes que permitem uma boa filtração das águas por parte dos solos. O passeio de acesso ao edifício é de largura reduzida, o que permite encaminhar a água para a sua periferia, o que não altera a infiltração local para o solo e subsolo.
- Minimização da descarga de efluentes;
  - O edifício está equipado com uma Micro ETAR que permite reaproveitar as águas cinza, reduzindo assim as descargas no sistema de saneamento público de efluentes.
- Tipo de vegetação utilizada nas áreas ajardinadas.
  - A vegetação caracteriza-se pela sua resistência e como já referido não tem grandes necessidades de rega nas épocas secas. Além disso não necessita tratamentos com químicos salvaguardando desta forma a qualidade das águas. Esta opção revela-se a mais sustentável (económica e ambiental) pelos baixos requisitos necessários à sua manutenção.

*C12 - Durabilidade (classificação atribuída: A);*

- Projetar utilizando materiais duráveis.
  - Os materiais empregues no edifício apresentam certificação de qualidade (ISO 9001). Os sistemas ETICS têm uma vida útil aproximada de 15 anos apresentando maior incidência de anomalias nas fachadas a Norte e Este. (Amaro, et al., 2013)
  - A estrutura do edifício terá uma vida útil de 50 anos, já que se trata de uma estrutura em betão armado.

*C13 - Materiais locais (classificação atribuída: B);*

- Utilização de materiais produzidos a menos de 100 km.
  - Nem todos os materiais presentes no edifício têm origem em indústrias locais, ainda assim pela análise dos catálogos presentes na compilação

técnica do edifício verifica-se que mais de 50% dos fornecedores se encontram num raio inferior a 100 km do local.

C14 - Materiais de baixo impacto (classificação atribuída: B);

- Utilização de materiais certificados ambientalmente, reciclados e/ou renováveis e de baixo impacto.
  - Os materiais utilizados não são materiais reciclados. Apresentam certificação ambiental e não apresentam compostos perigosos, tais como: chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, benzeno, solventes clorados, PCB (Bifenil Policlorado), PCT (Terfenilos Policlorados), formaldeído, crómio, creosote, resinas fenólicas, entre outros.

C15 - Produção local de alimentos (classificação atribuída: E).

- Produzir alimentos vegetais e/ou animais em áreas pertencentes à envolvente do edifício ou no próprio edifício.
  - A produção de alimentos no local para consumo humano não se aplica. Nenhuma parte das áreas verdes está alocada à prática de agricultura.

*4.2.2.1. Conclusão relativamente à vertente recursos*

O desenho passivo do edifício não é o melhor havendo melhorias que poderiam ter sido consideradas na génese do projeto como a nível de sombreamento.

Em detrimento da orientação solar do edifício optou-se antes por uma orientação de Planeamento urbanístico mantendo o edifício Sustentável no seguimento do edifício biblioteca que se localiza ao lado, paralelamente à rua.

Em termos de produção de energia por fontes renováveis o edifício não está equipado com nenhum sistema de produção de energia elétrica. Assim para que se melhore o desempenho sustentável pode-se aplicar uma solução de produção elétrica seja ela de fonte solar ou eólica.

Quanto às águas, poder-se-ia aproveitar as águas pluviais para utilização secundária, tais como descargas nos autoclismos, embora a fonte de água (lago) torna desnecessário. O aproveitamento pluvial exigiria tanques de armazenamento de volume considerável (consequentemente mais recursos e eventuais escavações).

A produção de alimentos é um critério de difícil aplicação ao edifício em análise tendo em atenção a sua tipologia. A classe atribuída (E) corresponde assim à prática comum.

Nesta vertente de recursos as classificações entre bom e modesto permitem afirmar que há espaço para melhorias por forma a aumentar o índice geral do LiderA.

### 4.2.3. Cargas ambientais

A Tabela 18 apresenta o resultado dos 8 critérios associados à vertente Cargas ambientais.

*Tabela 18 - Avaliação Cargas ambientais.*

| %  | Vertentes         | Áreas                   | % | Critérios  | N°C | Classe |
|----|-------------------|-------------------------|---|--|-----|--------|
| 12 | Cargas ambientais | Efluentes               | 3 | Tratamento de águas residuais  | C16 | A+     |
|    |                   |                         |   | Caudal de reutilização de águas usadas   | C17 | A      |
|    |                   | Emissões atmosféricas   | 2 | Caudal de Emissões Atmosféricas - Partículas e/ou Substâncias com potencial acidificante (Emissão de outros poluentes: SO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> ) | C18 | A      |
|    |                   | Resíduos                | 3 | Produção de resíduos   | C19 | A      |
|    |                   |                         |   | Gestão de resíduos perigosos   | C20 | C      |
|    |                   |                         |   | Reciclagem de resíduos   | C21 | C      |
|    |                   | Ruído exterior          | 3 | Fontes de ruído para o exterior  | C22 | A      |
|    |                   | Poluição iluminotérmica | 1 | Efeitos térmicos (Ilha de calor) e luminosos   | C23 | A+     |

C16 - Tratamento de águas residuais (classificação atribuída: A+);

- Tratamento dos efluentes, no edifício.
  - Equipado com micro ETAR de leito de Macrófitas, é uma solução com baixa necessidade energética e de manutenção e de fácil integração na paisagem natural.

C17 - Caudal de reutilização de águas usadas (classificação atribuída: A);

- Utilização de água reutilizada para rega de zonas verdes sem contacto humano e reutilização das águas cinzentas;
  - As águas reaproveitadas são para fins de rega.

C18 - Caudal de Emissões Atmosféricas - Partículas e/ou Substâncias com potencial acidificante (Emissão de outros poluentes: Óxidos de Azoto (SO<sub>2</sub>) e Dióxido de Enxofre (NO<sub>x</sub>)) (classificação atribuída: A);

- Medidas para a redução de emissões de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e partículas.
  - Um dos sistemas auxiliares de climatização pensados para o edifício consiste numa caldeira mural de condensação, onde são expectáveis baixas emissões de NO<sub>x</sub>;
  - No interior é proibido fumar e não é possível circular de carro junto ao edifício, reduzindo as emissões de partículas ou substâncias com potencial acidificante ou poluentes.

C19 - Produção de resíduos (classificação atribuída: A);

- Reduções na produção de resíduos sólidos urbanos.
  - Por se tratar de um edifício pequeno para fins de investigação e com caráter escolar, as quantidades de RSU produzidos são baixas.

C20 - Gestão de resíduos perigosos (classificação atribuída: C);

- Possíveis intervenções com vista à gestão da produção de resíduos e minimização da utilização de produtos nocivos durante a manutenção.
  - Os resíduos perigosos (contaminantes) que podem vir a surgir são de origem eletrónica, fora estes poderão ser produzidos resíduos ligados ao laboratório e à manutenção dos espaços interiores (limpeza). O edifício não está equipado com pontos de deposição e separação para os resíduos perigosos produzidos, existindo pontos de deposição para resíduos indiferenciáveis.

C21 - Reciclagem de resíduos (classificação atribuída: C);

- Aumento da valorização dos resíduos produzidos durante as várias fases, com destaque para a operação.
  - Durante a fase de obra criou-se um plano para gestão dos resíduos produzidos. Grande parte do RCD produzidos foram aproveitados durante a obra, nomeadamente terras e rochas de origem de escavações, utilizadas em aterros e regularização dos espaços exteriores e do talude do lago. Já na fase de utilização do edifício não foi implementado qualquer mini ecoponto no edifício para separação e posterior recolha de resíduos produzidos, existindo sim e como já referido pontos de deposição indiferenciável.

C22 - Fontes de ruído para o exterior (classificação atribuída: A);

- Implementar soluções para reduzir as emissões de ruído para o exterior.
  - As atividades que decorrem no interior do edifício não representam fonte de ruído para o exterior;
  - Através dos resultados obtidos na simulação acústica verifica-se que cumpre quanto ao isolamento aos sons aéreos.

C23 - Efeitos térmicos (Ilha de calor) e luminosos (classificação atribuída: A+).

- Medidas de combate aos efeitos térmicos.
  - A core clara presente nas fachadas e no acesso ao edifício não intensificam o aquecimento da envolvente (ilha de calor). Em redor do edifício não existem zonas impermeáveis (pavimentos).



- A envolvente maioritariamente ocupada por zonas verdes permite amenizar o microclima local. Localizado em zona com os edifícios dispersos com o um clima ameno característico do litoral Norte de Portugal com grande ocorrência de vento. Uma distância de cerca de cem metros da orla costeira permite inferir que este pequeno edifício não irá impactar termicamente com o espaço vizinho. As luzes externas resumem-se ao mínimo necessário à segurança de transeuntes. A luminosidade proveniente do interior do edifício não é significativa já que a atividade escolar se centra no período diurno.

#### *4.2.3.1. Conclusão relativamente á vertente Cargas ambientais*

Na vertente cargas ambientais, os critérios C20 e C21 são os que apresentam um menor desempenho sustentável por parte do edifício. Apesar de não se produzirem grandes quantidades de resíduos, este deve ser equipado com ecopontos no seu interior para que se possa proceder à separação dos resíduos.

Assim esta vertente apresenta grandes diferenças de desempenho entre os seus critérios sendo a gestão e reciclagem dos resíduos que mais merece atenção. Um simples ecoponto permitiria melhorar a classificação deste critério. A sua inexistência terá a ver com a inexistência de bar ou máquina com alimentos, o que indica haver baixa produção de RSU de embalagens alimentares e bebidas.

#### **4.2.4. Conforto Ambiental**

A Tabela 19 apresenta o resultado dos 4 critérios associados à vertente da Avaliação Conforto ambiental.

Tabela 19 - Avaliação Conforto ambiental.

| %  | Vertentes          | Áreas                 | % | Critérios                          | N°C | Classe |
|----|--------------------|-----------------------|---|------------------------------------|-----|--------|
| 15 | Conforto ambiental | Qualidade do ar       | 5 | Níveis de qualidade do ar          | C24 | A      |
|    |                    | Conforto térmico      | 5 | Conforto térmico                   | C25 | A      |
|    |                    | Iluminação e acústica | 5 | Níveis de iluminação               | C26 | B      |
|    |                    |                       |   | Isolamento acústico/Níveis sonoros | C27 | A      |

C24 - Níveis de qualidade do ar (classificação atribuída: A):

- Taxa de ventilação natural ajustada de forma adequada à atividade presente no local;
  - A ventilação funcionará em ventilação mecânica, recorrendo a sistema UTA. Os sistemas de ventilação/climatização serão equipados com controlos distribuídos pelas diferentes áreas onde os utilizados poderão regular conforme as necessidades de cada compartimento.
- Emissões de contaminantes do ambiente interior;
  - Os materiais utilizados, não põem em causa a qualidade do ar interior, uma vez que não apresentam COV's (Compostos Orgânicos Voláteis) ou os seus níveis estão abaixo do limite exigido pela UE. Sem presença de radão, amianto, partículas ou chumbo. Não é espectável o surgimento de microrganismos como fungos e bolores normalmente associados a zonas de concentração de vapores, uma vez que nenhuma área apresenta essas características, não existindo cozinhas nem AQS nos sanitários. Como já referido não se pode fumar no interior.
  - As zonas verdes não necessitam de utilização de pesticidas, nem existe atividade agrícola nas proximidades onde estes possam ser utilizados de forma a comprometer a qualidade do ar. A estrada mais próxima não possui tráfego considerável para perigar a qualidade do ar, além do mais há ventos e dispersão que promovem baixas concentrações de poluentes emitidos por fontes no perímetro urbano.

C25 - Conforto térmico (classificação atribuída: A);

- Atingir os níveis de conforto térmico estabelecidos.
  - De forma a conseguir conforto térmico os sistemas de climatização devem estar dimensionados para as cargas térmicas existentes.
  - As UTA's serão auxiliadas por i) caldeira mural de condensação, ii) bomba de calor convencional, iii) sistema de tubos enterrados e iv) coletores solares.
  - A sala de aula está equipada com piso radiante, podendo funcionar em simultâneo com a UTA para a climatização daquele espaço. Estas soluções estão preparadas para trabalhar tanto em aquecimento ou arrefecimento.

C26 - Níveis de iluminação (classificação atribuída: B);

- Níveis de iluminação de acordo com o definido pelo CIBSE (*Chartered Institution of Building Services Engineers*).
  - Não foi feita a verificação ao CIBSE.
  - A iluminação natural dos espaços interiores (rés do chão) é conferida através de janelas, com exceção dos sanitários onde a iluminação natural é realizada através de claraboias. Todos os espaços interiores estão dotados de iluminação artificial, de forma a obter a claridade adequada aos espaços escolares.

C27 - Isolamento acústico/Níveis sonoros (classificação atribuída: A).

- Atenuar os níveis de ruído, de modo a que se aproxime e até seja inferior a 35 dB no interior dos edifícios;
  - A simulação acústica do edifício permitiu classificar este critério. O edifício apresenta um bom comportamento acústico, cumprindo com o exigido pela legislação.
- Atenuar os níveis de ruído no exterior de forma ajustada às atividades e espécies naturais presentes.

- Por não se tratar de uma zona muito movimentada não é espectável que as espécies sofram grande influência para além da que já existia no campus.

#### 4.2.4.1. Conclusão relativamente à vertente Conforto Ambiental.

O funcionamento adequado dos sistemas de climatização conjugado com a localização do edifício permitem antever uma boa qualidade de ar interior e conforto térmico. Os materiais aplicados não comprometem de maneira alguma a qualidade do ar.

#### 4.2.5. Vivências socioeconómicas

A Tabela 20 apresenta o resultado dos 13 critérios associados à vertente da Avaliação Vivências Socioeconómicas.

Tabela 20 - Avaliação Vivências Socioeconómicas.

| %  | Vertentes                 | Áreas                         | % | CrITÉrios  | N°C | Classe |
|----|---------------------------|-------------------------------|---|--|-----|--------|
| 19 | Vivências Socioeconómicas | Acesso para todos             | 5 | Acesso aos transportes públicos                  | C28 | A      |
|    |                           |                               |   | Mobilidade de baixo impacte                      | C29 | B      |
|    |                           |                               |   | Soluções inclusivas                              | C30 | B      |
|    |                           | Custos no ciclo de vida       | 2 | Baixos custos no ciclo de vida                   | C31 | B      |
|    |                           | Diversidade económica         | 4 | Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos          | C32 | A      |
|    |                           |                               |   | Dinâmica Económica                               | C33 | D      |
|    |                           |                               |   | Trabalho local                                   | C34 | C      |
|    |                           | Amenidades e interação social | 4 | Amenidades locais                                | C35 | A      |
|    |                           |                               |   | Interação com a comunidade                       | C36 | C      |
|    |                           | Participação e controlo       | 4 | Capacidade de controlo                           | C37 | C      |
|    |                           |                               |   | Governância e participação                       | C38 | C      |
|    |                           |                               |   | Controlo dos riscos naturais ( <i>safety</i> )   | C39 | B      |
|    |                           |                               |   | Controlo das ameaças humanas ( <i>security</i> ) | C40 | B      |

C28 - Acesso aos transportes públicos (classificação atribuída: A);

- A cerca de 50 metros existe uma paragem de autocarro, a estação de comboios bem como o interface dos autocarros encontram-se a cerca de 1 km de distância.

C29 - Mobilidade de baixo impacte (classificação atribuída: B);

- Apesar do parque de estacionamento mais próximo não estar equipado para veículos de baixo impacte, à entrada do campus existe uma ecovia e ainda um parque equipado com carregador de veículos elétricos.

C30 - Soluções inclusivas (classificação atribuída: B);

- O acesso no exterior não representa de nenhuma forma uma barreira para pessoas de mobilidade reduzida. O mesmo acontece no acesso ao interior do RC e suas divisórias, existindo ainda uma casa de banho equipada para pessoas de mobilidade reduzida. Contudo o acesso à cave e à cobertura efetua-se através de escadas, o que compromete o acesso a esses utentes.

C31 - Baixos custos no ciclo de vida (classificação atribuída: B);

- A iluminação artificial existente no interior é realizada por lâmpadas LED e fluorescentes. O maior consumo de eletricidade estará associado à utilização de equipamentos tecnológicos. De facto, a sala de aula contém cerca de 20 computadores. Sistemas de climatização tais como os coletores solares e sistema de tubagens enterradas conferem baixos custos (económicos e ambientais) de operação.

C32 - Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos (classificação atribuída: A);

- Paredes de separação de divisões interiores facilmente amovíveis;
  - O interior (paredes divisórias) não tem grande capacidade de adaptabilidade a diferentes usos uma vez que são constituídas por paredes fixas construídas com blocos térmicos.

- Pré-instalação;
  - O edifício foi concebido para adicionar equipamentos de monitorização, ou seja está preparado para receber mais soluções tecnológicas, já que se destina a estudos académicos de engenharia. Desta forma considera-se que o edifício está dotado de alguma adaptabilidade.
- Acessibilidade simplificada às tubagens de água e aos seus mecanismos de controlo.
  - As tubagens estão acessíveis, sendo que os equipamentos das diversas instalações serão instalados na cave, encontrando-se igualmente acessíveis. As Instalações de ventilação encontram-se também acessíveis, através de teto falso.

C33 - Dinâmica Económica (classificação atribuída: D);

- Edifício de uso misto;
  - Não se caracteriza por ser de tipologia misto, embora a sua instalação possa exceder as aulas tradicionais e ser usado para investigação, educação ambiental e convívio (sobretudo na envolvente externa).
- O edifício gere-se a si próprio ou seja produz rendimento para cobrir as suas despesas de manutenção.
  - Não se gere a si mesmo no sentido económico, sendo que não surgirá rendimentos diretos das atividades que nele se efetuam. Este parâmetro é de difícil aplicação ao caso de estudo. É mais um espaço físico da ESTG, usado na sua atividade, a qual possui um equilíbrio económico.

C34 - Trabalho local (classificação atribuída: C);

- Como referido anteriormente, sendo um edifício para fins educativos não tem implementada uma atividade económica no sentido estrito do termo. Refira-se no entanto que a ESTG emprega mais de uma centena de trabalhadores e um milhar de alunos, o que constitui dinâmicas relevantes para a região. Dependendo da fase a que nos referimos podemos ter atividade económica diferente:

- Fase de construção- trabalhadores, empresas de fornecimento de materiais e serviços;
- Fase de utilização- Docentes e seguranças.

C35 - Amenidades locais (classificação atribuída: A);

- No que diz respeito a amenidades naturais, o edifício encontra-se junto ao mar, mais precisamente na praia Norte, zona caracterizada por espaços educativos, áreas naturais e de lazer. Quanto às amenidades humanas, insere-se no campus da ESTG, num raio de 1km pode-se encontrar um Banco, pavilhão gimnodesportivo, piscinas, jardim-de-infância, escolas secundárias e comércio.

C36 - Interação com a comunidade (classificação atribuída: C);

- Tratando-se de um edifício para fins académicos ele está disponível para toda a comunidade académica da ESTG mas não à população local.

C37 - Capacidade de controlo (classificação atribuída: C);

- No que diz respeito à capacidade de controlo da iluminação artificial, apenas pode ser ligada ou desligada, não existindo sistema de alteração de intensidade luminosa. No que diz respeito à temperatura, os sistemas utilizados na climatização podem ser regulados conforme as necessidades dos espaços a climatizar. A existência de cortinas nas janelas da sala de aula e gabinetes permite controlo de sombreamento interior.

C38 - Governância e participação (classificação atribuída: C);

- No desenrolar do projeto divulgou-se à comunidade académica em especial aos cursos com interesse direto neste tipo de obras qual o propósito do edifício sendo que estaria disponível para a comunidade académica. Os vários docentes e alunos puderam propor ideias para implementação.

C39 - Controlo dos riscos naturais (safety) (classificação atribuída: B);

- A zona onde se encontra o edifício caracteriza-se por ocorrência de ventos fortes durante grande parte do ano. Foram colocados guardas corpos junto à entrada onde ocorre o desnível do talude do lago, de forma a evitar possíveis quedas.

C40 - Controlo das ameaças humanas (security) (classificação atribuída: B).

- A comunidade caracteriza-se por ser pacata e de baixa criminalidade. O edifício tem um amplo campo de visão à sua volta. No entanto os espaços pertencentes ao campus académico carecem de alguma iluminação sobretudo os espaços verdes com iluminação insuficiente para as suas grandes dimensões. No entanto a rua pública a Oeste do campus tem boa iluminação. O campus dispõe de serviço de vigilância 24h e 365 dias por segurança profissional.

*4.2.5.1. Conclusão relativamente à vertente Conforto Ambiental Vivências socioeconómicas*

A vertente Vivências Socioeconómicas apresenta critérios com bom desempenho. Algumas das boas práticas sugeridas pelo LiderA não são de aplicação direta a este edifício devido à sua tipologia e carácter escolar. Os critérios C33 (Dinâmica Económica) e C34 (Trabalho local) não têm uma aplicação direta ao edifício, contudo como se encontra num campus académico existem os trabalhos e atividades associados a estes tipos de ambientes. No C36 (Interação com a comunidade) única interação que existe é com a comunidade académica não tendo sido divulgada a obra à comunidade local, embora se pondere a sua divulgação na região enquanto edifício com características algo inovadoras, cujas boas práticas devem ser replicadas.



#### 4.2.6. Gestão ambiental e Inovação

A Tabela 21 apresenta o resultado dos 3 critérios associados à vertente da Avaliação Conforto ambiental.

Tabela 21 - Avaliação Gestão Ambiental e inovação.

| % | Vertentes                   | Áreas            | % | CrITÉrios                         | N°C | Classe |
|---|-----------------------------|------------------|---|-----------------------------------|-----|--------|
| 8 | Gestão Ambiental e Inovação | Gestão ambiental | 6 | Condições de utilização ambiental | C41 | E      |
|   |                             |                  |   | Sistema de gestão ambiental       | C42 | E      |
|   |                             | Inovação         | 2 | Inovações                         | C43 | A+     |

##### C41 - Condições de utilização ambiental;

- No edifício não se encontra qualquer informação quanto à utilização do local ou sua manutenção. Contudo como se trata de um edifício para fins educativos é espectável que seja fornecida informação sobre os espaços e equipamentos aos utilizadores.

##### C42 - Sistema de gestão ambiental (classificação atribuída:);

- Não foi incorporado qualquer SGA (Sistema de Gestão Ambiental) no Edifício Sustentável, embora tal seja desejável.

##### C43 - Inovações (classificação atribuída:);

- Existem duas inovações, nas vertentes de conforto ambiental e cargas ambientais que merecem ser mencionadas. Uma das inovações existentes no edifício corresponde à micro ETAR de leito de Macrófitas que permite o tratamento das águas residuais “in loco”. Esta solução permite poupar água da rede e evitar consumos no transporte desse esgoto até à ETAR municipal. As fitoETAR são uma boa solução para pequenos aglomerados populacionais uma vez que evita a poluição de águas subterrâneas ou naturais associadas às fossas sépticas que raramente são estanques. Tem uma boa integração paisagística

sobretudo em zonas mais naturais/rurais, sem necessidade de grandes gastos económicos (construções e consumos energéticos).

- No que diz respeito à vertente conforto ambiental, o sistema de tubagens enterradas para climatização do edifício (geotermia de baixa profundidade) é uma solução verde ainda pouco corrente e conhecida em edifícios de pequena e média dimensão. A temperatura do solo tem baixas variações ao longo do ano, o que permite aquecer ou arrefecer o ar que circula no interior das tubagens de forma a climatizar o interior do edifício. Esta técnica de geotermia de baixa profundidade corresponde às melhores práticas/desempenho energético.

#### *4.2.6.1. Conclusão relativamente à vertente Gestão Ambiental e Inovação*

No que diz respeito à gestão ambiental não foi pensado nenhum SGA para este edifício. Assim, de forma a melhorar o desempenho nesta vertente, considera-se relevante elaborar um manual de boas práticas na operação e gestão do edifício (monitorização da energia e água consumida, detergentes usados na limpeza dos espaços, normas de utilização de químicos no espaço laboratorial, gestão dos resíduos sólidos gerados, incluindo resíduos de jardinagem). Esse manual (SGA) deve basear-se em diretrizes presentes na ISO 14001 (sistemas de gestão ambiental).

#### **4.2.7. Análise de resultados**

O Edifício Sustentável obteve a classificação B. Esta classificação corresponde a um bom desempenho sustentável, permitindo assim no futuro uma eventual certificação LiderA, uma vez que, a certificação é garantida a partir da classe C.

Sendo um edifício que foi construído com a intenção de servir como “laboratório” para estudo de diversas tecnologias sustentáveis, a classificação obtida fica um pouco aquém do expectável. Contudo, verificou-se que ainda existem áreas em que o edifício pode melhorar, (aumentar seu desempenho Sustentável). Áreas como os resíduos sólidos, a participação e controlo apresentam critérios com uma classificação baixa. Melhorias adicionais nas vertentes menos pontuadas permitiriam que a classificação global do LiderA possa subir até A ou A+.

## 5. CONCLUSÕES

A construção sustentável consiste num conjunto de boas práticas ambientais aplicáveis às diversas fases da construção civil. Essas boas práticas visam reduzir o consumo de recursos e diminuir conflitos com o ambiente envolvente, mantendo uma dada qualidade funcional do espaço construído. Os sistemas de avaliação de sustentabilidade permitem quantificar essas boas práticas. Os critérios mais influentes no LiderA estão associados aos consumos energéticos (ao longo da vida útil do edifício). O índice LiderA aplicado neste trabalho atribuiu ao edifício em estudo a classificação B, o que traduz um bom desempenho ambiental.

Uma vez que o edifício ainda não tem um histórico de utilização razoável, recorreu-se à modelação desses consumos através da ferramenta Cype. Essa modelação permitiu determinar a classe de desempenho energético B. Tratando-se de um edifício novo e já abrangido pelo RECS em vigor, classe B obtida não traduz uma grande eficiência energética apesar de estar acima do mínimo exigido para edifícios novos (B-).

Na simulação acústica verifica-se que o edifício cumpre com as exigências impostas no RRAE, demonstrando o bom desempenho das soluções construtivas e dos materiais aplicados.

De forma a melhorar o desempenho sustentável global do edifício algumas das soluções a aplicar seriam: i) fachadas verdes, ii) produção de energia elétrica de fonte solar ou eólica, iii) sistema de gestão ambiental, iv) reaproveitamento das águas pluviais, entre outras.

Desde 2013, ano do início da conceptualização do edifício sustentável a regulamentação tem vindo a ser atualizada, elevando os padrões de construção. Em simultâneo, as exigências dos consumidores aumentaram, desafiando o desempenho energético associado às edificações. A partir de 2018 a UE ambiciona que todos os edifícios novos produzam a energia que necessitam tornando-os assim auto suficientes. Estas tendências representam uma pressão acrescida na obsolescência dos edifícios. Na verdade, o mercado da construção nova e da reabilitação em Portugal tem apostado na redução de consumos energéticos, recorrendo a sistemas como o ETICS e equipamentos eletromecânicos mais eficientes. Esta evolução gera melhorias ambientais e poupanças económicas do parque habitacional, permitindo níveis de conforto com menores custos económicos e ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ADENE. 2013.** Guia da Eficiência Energética. s.l. : ADENE-Agência para a Energia, Outubro de 2013.
- Águeda, Câmara Municipal. 2017.** águeda-AGENDA21LOCAL. [Online] 2017. <https://agueda21.wordpress.com/agenda-21/municipios-comprometidos-com-a-sustentabilidade/>.
- Almeida, Paulo Nunes, et al. 2011.** Manual de Gestão Ambiental de Obras de construção Civil. s.l. : AEP-Associação empresarial de Portugal, 2011.
- Amaro, Bárbara, et al. 2013.** Levantamento estatístico da patologia, diagnóstico e reparação de ETICS. s.l., Lisboa, Portugal : Universidade do Minho, 2013. p. 65.
- Ambiente, Agência Portuguesa do. 2017.** [Online] 2017. <https://www.apambiente.pt/>.
- APREN. 2017.** [Online] 2017. <http://www.apren.pt/pt/>.
- APREN, Associação de Energias Renováveis. 2016.** Boletim Energias Renováveis. s.l. : APREN-Associação de Energias Renováveis, Abril de 2016.
- Araújo, Mário Augusto. 2008.** A moderna construção sustentável. 2008.
- Ascenso, Rita. 2013.** Selos para a sustentabilidade-Sistemas de certificação de edifícios. s.l. : Junker, 2013.
- Bernardo, João. 2015.** Estratégia para a Eficiência Energética nos Edifícios Públicos . s.l., Lisboa : LNEG, 11 de Dezembro de 2015.
- BREEAM. 2017.** [Online] 2017. <http://www.breeam.com/>.
- Corrêa, Lásaro Roberto. 2009.** Sustentabilidade na Construção Civil. s.l. : UFMG - Escola de Engenharia, Janeiro de 2009. pp. 61-63.
- Cupeto, Carlos, et al. 2007.** Guia AGENDA 21 Local-Um desafio para todos. Amadora, Portugal : Agência Portuguesa do Ambiente, Novembro de 2007.
- DGEG. 2017.** [Online] 2017. <http://www.dgeg.pt/>.
- DGEG, Direção-Geral de Energia e Geologia. 2014.** Balanço Energético-Sintético 2014. 2014.
- . 2015.** Balanço Energético-Sintético 2015. 2015.
- Felício, Ana Maria e Carlos, Diana. 2014.** Definição Estratégica para o Cluster da água a Médio e longo Prazo. s.l., Portugal : AEP-Associação Empresarial de Portugal, 2014. pp. 28-29.
- Fernandes, Ana Cristina, et al. 2015.** Relatório do Estado do Ambiente 2015. Amadora, Portugal : Agência Portuguesa do Ambiente, Dezembro de 2015.

**Ferreira, Bruno Luís Alípio. 2010.** Construção de Edifícios Sustentáveis- Contribuição para a definição de um Processo Operativo. s.l., Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia Departamento de Engenharia Civil-Universidade Nova de Lisboa, 2010.

**GEF. 2016.** *greeneducationfoundation.* [Online] 2016. <http://www.greeneducationfoundation.org/green-building-program-sub/case-studies/892-bank-of-america-tower.html>.

**ISO. 2017.** *International Organization for Standardization-Great things happen when the world agrees.* [Online] 2017. <https://www.iso.org/>.

**LiderA. 2017.** [Online] 2017. <http://www.lidera.info/> .

—. **2015.** *lidera.* [Online] 2015. <http://www.lidera.info/?p=MenuContPage&MenuId=19&ContId=85>.

**Lopes, Tânia Filipa da Costa Torres. 2010.** Reabilitação Sustentável de Edifícios de Habitação. s.l., Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia-Universidade Nova de lisboa, 2010.

**Martins, João Tomás Puga. 2008.** ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS -VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DO CÁLCULO DE TRANSMISSÕES MARGINAIS A SONS AÉREOS EM EDIFÍCIOS. *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil.* s.l., Porto, Portugal : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Setembro de 2008. pp. 23-25.

**Mendes, José F.G, Silva, Lígia Maria M.OTorres e Vasco, Miranda. 2008.** MAPA DE RUÍDO DO TERRITÓRIO MUNICIPAL DE VIANA DO CASTELO-Resumo não técnico. s.l. : Câmara Municipal Viana do Castelo, Novembro de 2008.

**Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. 2008.** Decreto-Lei nº96/2008. s.l., Portugal : Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional , 9 de Junho de 2008.

**Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. 2013.** Portaria nº349-D/2013. s.l., Portugal : Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social, 2 de Dezembro de 2013.

**Montes, Maria Andrea Triana. 2005.** DIRETRIZES PARA INCORPORAR CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE NO PLANEJAMENTO E PROJETO DE ARQUITETURA RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR E COMERCIAL EM FLORIANÓPOLIS. *Dissertação de Mestrado.* Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. pp. 38-43.

**Motta, Silvio R. F. e Aguiar, Maria Teresa P. 2009.** SUSTENTABILIDADE E PROCESSOS DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES. Maio de 2009. Vol. 4, p. 91.

**Neves, Mário Valente e Martins, Daniel dos Santos. 2009.** Uso eficiente da água nos edifícios. Aspectos Técnicos, Certificação Ambiental e Incentivos Económicos. Porto : FEUP, 2009. p. 2.

**Oasis. 1986.** Casa-oasis. *oasis-algarve*. [Online] Oasis-engenharia e construção, 1986. <http://oasis-algarve.com/casa-oasis/>.

**Pinheiro, Manuel Duarte. 2006.** ambiente e construção sustentável. s.l., Amadora : Instituto do Ambiente, 2006.

—. **2003.** Construção Sustentável-Mito ou Realidade. 2003.

—. **2009.** Liderar pelo ambiente da sustentabilidade-Apresentação sumária do sistema de Avaliação Voluntário da Sustentabilidade da Construção Versão para Ambientes Construídos (V2.00b). Maio de 2009. pp. 2-3.

—. **2010.** Manual para Projectos de Licenciamento com Sustentabilidade Segundo o Sistema LiderA. s.l. : LiderA, Setembro de 2010.

**Pinheiro, Manuel Duarte, et al. 2009.** Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade. Apresentação Sumária do Sistema de Avaliação Voluntário da Sustentabilidade da Construção. s.l., Portugal : Instituto Superior Técnico, Maio de 2009.

**Rocheta, Vera e Farinha, Fátima. 2007.** Práticas de Projecto e Construtivas para a construção Sustentável. *Práticas de Projecto e Construtivas para a construção Sustentável*. s.l., Faro, Portugal : Universidade do Algarve, 2007. pp. 1-2.

**Sá, Maria João Vidal. 2010.** Avaliação de um edifício escolar segundo o sistema LiderA. s.l., Aveiro : Universidade de Aveiro, 2010. pp. 20-34.

**Veras, Dimas Brasileiro, et al. 2012.** CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: Educação socioambiental e cidadania. 2012. pp. 1-4.

## **ANEXOS**





## Anexo - A

### 1.- INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PREVISTO

$$IEE_{pr} = 215.62 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano} \leq IEE_{ref} = 331.97 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$$

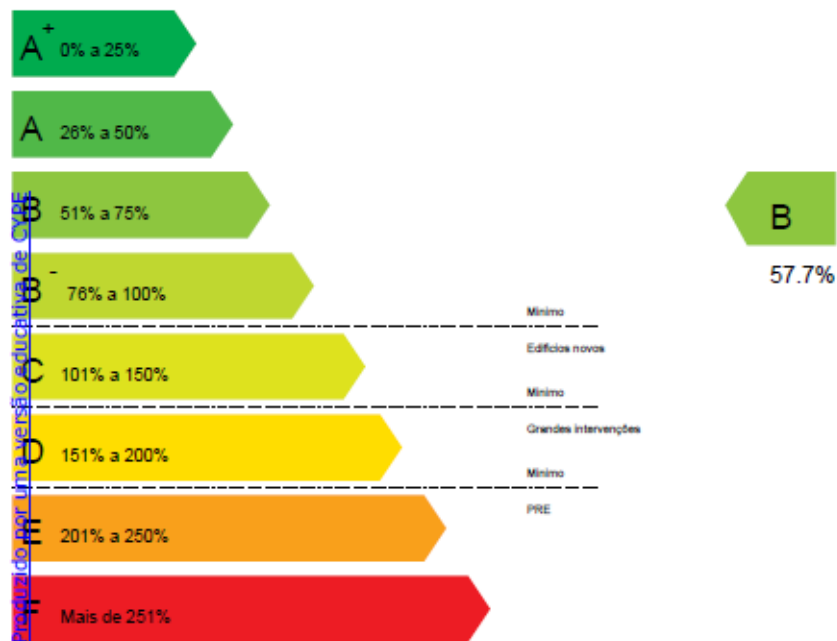


onde:

$IEE_{pr}$ : Indicador de Eficiência Energética previsto, kWh/m<sup>2</sup>·ano.

$IEE_{ref}$ : Indicador de Eficiência Energética de referência, kWh/m<sup>2</sup>·ano.

### 2.- CLASSE ENERGÉTICA



$$R_{IEE} = (IEE_{pr,S} - IEE_{REN}) / IEE_{ref,S} = (158.69 - 0.00) / 275.05 = 0.577$$

onde:

$R_{IEE}$ : Rácio de classe energética

$IEE_{pr,S}$ : Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo S, kWh/m<sup>2</sup>·ano.

$IEE_{REN}$ : Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, kWh/m<sup>2</sup>·ano.

$IEE_{ref,S}$ : Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S, kWh/m<sup>2</sup>·ano.

### 3.- CONSUMOS DE ENERGIA

Cálculo do IEE previsto

#### Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

|  | Fonte de energia   | Consumo (kWh/ano)                                       | Fpu      | Consumo EP (kWh/ano) | Emissões de CO <sub>2</sub> (toneladas/ano) | IEE (kWh/m <sup>2</sup> -ano) |        |
|--|--|---|----------|----------------------|---|-------------------------------|--------|
| IEE <sub>pr</sub> = 215.62 kWh/m <sup>2</sup> -ano |  | Área interior útil de pavimento = 328.40 m <sup>2</sup> |          |                      |   |                               |        |
| IEE <sub>pr,S</sub>                                | Aquecimento  |   |          |                      |   |                               |        |
|  | Arrefecimento  |   |          |                      |   |                               |        |
|  | Ventilação e bombagem em sistemas de climatização                | Electricidade   | 5453.69  | 2.5                  | 13634.22                                    | 1.96                          | 41.52  |
|  | AQS  | Gás natural   | --       | 1.0                  | --  | --                            |        |
|  | Aquecimento de piscinas  | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
|  | Iluminação interior  | Electricidade   | 15245.96 | 2.5                  | 38114.89                                    | 5.49                          | 116.06 |
|  | Iluminação exterior  | Electricidade   | 146.00   | 2.5                  | 365.00                                      | 0.05                          | 1.11   |
|  | Elevadores, escadas e tapetes rolantes                           | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
|  | Ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
|  | Equipamentos de frio   | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
| IEE <sub>pr,T</sub>                                | Iluminação dedicada e de utilização pontual                      | Electricidade   | 255.00   | 2.5                  | 637.50                                      | 0.09                          | 1.94   |
|  | Equipamentos e sistemas não incluídos em IEES                    | Electricidade   | 7223.00  | 2.5                  | 18057.50                                    | 2.60                          | 54.99  |
|  |  |   |          |                      |   |                               | 56.93  |
| IEE <sub>ren</sub>                                 | Energia eléctrica  | Renovável   | --       | --                   | --  | --                            |        |
|  | Energia térmica  | Renovável   | --       | --                   | --  | --                            | 0.00   |

onde:

IEE<sub>pr</sub>: Indicador de Eficiência Energética previsto

IEE<sub>pr,S</sub>: Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo S

IEE<sub>pr,T</sub>: Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos do tipo T

IEE<sub>pr,REN</sub>: Indicador de Eficiência Energética previsto associado à produção de energia eléctrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis

F<sub>pr</sub>: Fator de conversão entre energia final e energia primária

C<sub>pr</sub>: Consumo energético total de energia primária

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} - IEE_{pr,REN}$$

Cálculo do IEE de referência

|   | Fonte de energia                                  | Consumo (kWh/ano)                                       | Fpu      | Consumo EP (kWh/ano) | Emissões de CO <sub>2</sub> (toneladas/ano) | IEE (kWh/m <sup>2</sup> -ano) |        |
|---|---|---|----------|----------------------|---|-------------------------------|--------|
| IEE <sub>ref</sub> = 331.97 kWh/m <sup>2</sup> -ano |   | Área interior útil de pavimento = 328.40 m <sup>2</sup> |          |                      |   |                               |        |
| IEE <sub>ref,S</sub>                                | Aquecimento                                       |   |          |                      |   |                               |        |
|   | Arrefecimento                                     |   |          |                      |   |                               |        |
|   | Ventilação e bombagem em sistemas de climatização | Electricidade   | 20738.49 | 2.5                  | 51846.22                                    | 7.47                          | 157.87 |
|   | AQS   | Gás natural   | --       | 1.0                  | --  | --                            |        |
|   | Aquecimento de piscinas                           | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
|   | Iluminação interior                               | Electricidade   | 15245.96 | 2.5                  | 38114.89                                    | 5.49                          | 116.06 |
|   | Iluminação exterior                               | Electricidade   | 146.00   | 2.5                  | 365.00                                      | 0.05                          | 1.11   |
|   | Elevadores, escadas e tapetes rolantes            | Electricidade   | --       | 2.5                  | --  | --                            |        |
|   |   |   |          |                      |   |                               | 275.05 |
|   |   |   |          |                      |   |                               |        |

|                            | Fonte de energia   | Consumo (kWh/ano) | Fpu     | Consumo EP (kWh/ano) | Emissões de CO <sub>2</sub> (toneladas/ano) | IEE (kWh/m <sup>2</sup> ·ano) |              |
|----------------------------|--|-------------------|---------|----------------------|---|-------------------------------|--------------|
| <b>IEE<sub>ref,T</sub></b> | Ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica | Electricidade     | --      | 2.5                  | --  | --                            | <b>56.93</b> |
|                            | Equipamentos de frio   | Electricidade     | --      | 2.5                  | --  | --                            |              |
|                            | Iluminação dedicada e de utilização pontual                      | Electricidade     | 255.00  | 2.5                  | 637.50                                      | 0.09                          |              |
|                            | Equipamentos e sistemas não incluídos em IEES                    | Electricidade     | 7223.00 | 2.5                  | 18057.50                                    | 2.60                          |              |

onde:

$IEE_{ref}$ : Indicador de Eficiência Energética de referência

$IEE_{ref,S}$ : Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos do tipo S

$IEE_{ref,T}$ : Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos do tipo T

$F_{pu}$ : Fator de conversão entre energia final e energia primária

$C_{EP}$ : Consumo energético total de energia primária

CYPE

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T}$$



## Anexo - B

Produzido por uma versão educada de GPT

| CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)                          |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
|---|----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|
| Compartimento   | Conjunto de compartimentos |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Sala (SALA)   | 11                         |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Condições de projecto   |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Internas  |                            |                       |               | Externas                       |              |                                      |                                |                 |         |
| Temperatura interior = 24.0 °C                                |                            |                       |               | Temperatura exterior = 30.4 °C |              |                                      |                                |                 |         |
| Humidade relativa interior = 50.0 %                           |                            |                       |               | Temperatura húmida = 22.0 °C   |              |                                      |                                |                 |         |
| Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 22 de Julho |                            |                       |               |                                |              |                                      | C. LATENTE (W)                 | C. SENSÍVEL (W) |         |
| Envolventes exteriores  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Tipo  | Orientação                 | Superfície (m²)       | U (W/(m².°C)) | Peso (kg/m²)                   | Cor          | Teq. (°C)                            |                                |                 |         |
| Fachada   | S                          | 20.1                  | 0.57          | 246                            | Clara        | 27.3                                 |                                | 37.80           |         |
| Fachada   | S                          | 3.7                   | 0.61          | 506                            | Clara        | 26.7                                 |                                | 6.13            |         |
| Fachada   | E                          | 10.9                  | 0.57          | 246                            | Clara        | 27.2                                 |                                | 19.61           |         |
| Fachada   | W                          | 16.3                  | 0.57          | 246                            | Clara        | 26.4                                 |                                | 22.03           |         |
| Envidraçados exteriores                                       |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Núm. janelas  | Orientação                 | Superfície total (m²) | U (W/(m².°C)) | Coef. radiação solar           | Ganho (W/m²) |                                      |                                |                 |         |
| 2   | S                          | 10.8                  | 2.75          | 0.21                           | 26.4         |                                      |                                | 285.11          |         |
| 1   | E                          | 5.4                   | 2.75          | 0.21                           | 29.6         |                                      |                                | 159.62          |         |
| Coberturas  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Tipo  | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))         | Peso (kg/m²)  | Cor                            | Teq. (°C)    |                                      |                                |                 |         |
| Plana   | 52.8                       | 0.33                  | 858           | Média                          | 31.4         | 129.61                               |                                |                 |         |
| Envolventes interiores  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Tipo  | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))         | Peso (kg/m²)  | Teq. (°C)                      |              |                                      |                                |                 |         |
| Parede interior   | 1.4                        | 2.78                  | 480           | 24.6                           | 2.57         |                                      |                                |                 |         |
| Parede interior   | 30.6                       | 2.16                  | 180           | 25.5                           | 100.69       |                                      |                                |                 |         |
| Laje  | 50.5                       | 0.49                  | 725           | 24.6                           | 14.25        |                                      |                                |                 |         |
| Abertura interior   | 2.5                        | 2.20                  | 27.2          | 27.2                           | 17.87        |                                      |                                |                 |         |
| Total estrutural  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                | 795.28          |         |
| Ocupantes   |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Actividade  | Nº de pessoas              | C.lat/per (W)         | C.sen/per (W) |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Sentado ou trabalho muito ligeiro                             | 30                         | 46.52                 | 64.20         |                                |              |                                      |                                | 1395.60         | 1925.93 |
| Iluminação  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Tipo  | Potência (W)               | Coef. iluminação      |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Fluorescente com reactância                                   | 500.00                     | 1.01                  |               |                                |              |                                      |                                |                 | 507.50  |
| Instalações e outras cargas                                   |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
| Cargas interiores   |                            |                       |               |                                |              |                                      | 1395.60                        | 3023.13         |         |
| Cargas interiores totais                                      |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                | 4418.73         |         |
| Cargas devidas à própria instalação                           |                            |                       |               |                                |              |                                      | 3.0 %                          | 114.55          |         |
| FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.74                                  |                            |                       |               |                                |              |                                      | Cargas internas totais         | 1395.60         | 3932.96 |
|   |                            |                       |               |                                |              |                                      | Potência térmica interna total |                 | 5328.56 |
| Ventilação  |                            |                       |               |                                |              |                                      |                                |                 |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Caudal de ventilação total (m³/h)    |                                |                 |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | 1350.0                               | 4290.04                        | 2834.59         |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Recuperação de calor                 |                                |                 |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Eficiência higrométrica = 50.0 %     | -2145.02                       |                 |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Eficiência térmica = 50.0 %          |                                | -1417.30        |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Cargas de ventilação                 | 2145.02                        | 1417.30         |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Potência térmica de ventilação total |                                | 3562.32         |         |
|   |                            |                       |               |                                |              | Potência térmica                     | 3540.62                        | 5350.26         |         |
| POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 53.6 m²                       |                            | 165.8 W/m²            |               | POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL :       |              |                                      |                                | 8890.9 W        |         |

Produzido por uma versão educativa do CYPE

| CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)         |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
|--|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------|
| Compartimento                                |                   | Conjunto de compartimentos |                                     |                                   |       |                 |
| Sala (SALA)                                  |                   | 11                         |                                     |                                   |       |                 |
| Condições de projecto                        |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| Internas                                     |                   |                            | Externas                            |                                   |       |                 |
| Temperatura interior = 21,0 °C               |                   |                            | Temperatura exterior = 1,0 °C       |                                   |       |                 |
| Humidade relativa interior = 50,0 %          |                   |                            | Humidade relativa exterior = 90,0 % |                                   |       |                 |
| Cargas térmicas de aquecimento               |                   |                            |                                     |                                   |       | C. SENSÍVEL (W) |
| Envolventes exteriores                       |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| Tipo   | Orientação        | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))                       | Peso (kg/m²)                      | Cor   |                 |
| Fachada                                      | S                 | 20.1                       | 0.57                                | 246                               | Clara | 227.45          |
| Fachada                                      | S                 | 3.7                        | 0.61                                | 506                               | Clara | 45.29           |
| Fachada                                      | E                 | 10.9                       | 0.57                                | 246                               | Clara | 135.42          |
| Fachada                                      | W                 | 16.3                       | 0.57                                | 246                               | Clara | 203.06          |
| Envidraçados exteriores                      |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
|  | Núm. janelas      | Orientação                 | Superfície total (m²)               | U (W/(m².°C))                     |       |                 |
|  | 2                 | S                          | 10.8                                | 2.75                              |       | 594.48          |
|  | 1                 | E                          | 5.4                                 | 2.75                              |       | 326.96          |
| Coberturas                                   |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
|  | Tipo              | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))                       | Peso (kg/m²)                      | Cor   |                 |
|  | Plana             | 52.8                       | 0.35                                | 858                               | Média | 366.91          |
| Envolventes interiores                       |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
|  | Tipo              | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))                       | Peso (kg/m²)                      |       |                 |
|  | Parede interior   | 1.4                        | 2.78                                | 480                               |       | 39.74           |
|  | Parede interior   | 30.6                       | 2.16                                | 180                               |       | 660.90          |
|  | Laje              | 50.5                       | 0.46                                | 725                               |       | 232.74          |
|  | Abertura interior | 2.5                        | 2.20                                |                                   |       | 55.84           |
| Total estrutural                             |                   |                            |                                     |                                   |       | 2888.80         |
| Cargas interiores totais                     |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| Cargas devidas à intermitência de utilização |                   |                            |                                     |                                   |       | 5,0 %           |
|  |                   |                            |                                     |                                   |       | 144.44          |
| Cargas internas totais                       |                   |                            |                                     |                                   |       | 3033.24         |
| Ventilação                                   |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| Caudal de ventilação total (m³/h)            |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| 1350.0                                       |                   |                            |                                     |                                   |       | 8858.10         |
| Recuperação de calor                         |                   |                            |                                     |                                   |       |                 |
| Eficiência térmica = 50,0 %                  |                   |                            |                                     |                                   |       | -4429.05        |
| Potência térmica de ventilação total         |                   |                            |                                     |                                   |       | 4429.05         |
| POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 53.6 m²      |                   | 139.2 W/m²                 |                                     | POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 7462.3 W |       |                 |

Produzido por um verso educativo CYPE

| CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)                           |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
|--|-----------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|--|
| Compartimento  |                 | Conjunto de compartimentos |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Lab (LAB)  |                 | 6                          |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Condições de projecto  |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Internas   |                 |                            |                 | Externas                       |              |           |                                |                                   |  |
| Temperatura interior = 24.0 °C                                 |                 |                            |                 | Temperatura exterior = 30.4 °C |              |           |                                |                                   |  |
| Humidade relativa interior = 45.0 %                            |                 |                            |                 | Temperatura húmida = 22.0 °C   |              |           |                                |                                   |  |
| Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 15 de Agosto |                 |                            |                 |                                |              |           | C. LATENTE (W)                 | C. SENSÍVEL (W)                   |  |
| Envolventes exteriores   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 13.22<br>16.60                           |
| Tipo   | Orientação      | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))   | Peso (kg/m²)                   | Cor          | Teq. (°C) |                                |                                   |  |
| Fachada  | N               | 22.3                       | 0.57            | 246                            | Clara        | 25.0      |                                |                                   |  |
| Fachada  | W               | 12.1                       | 0.57            | 246                            | Clara        | 26.4      |                                |                                   |  |
| Envidraçados exteriores  |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 1324.52                                  |
| Núm. janelas   | Orientação      | Superfície total (m²)      | U (W/(m².°C))   | Coef. radiação solar           | Ganho (W/m²) |           |                                |                                   |  |
| 1  | W               | 4.2                        | 2.72            | 0.63                           | 315.4        |           |                                |                                   |  |
| Portas exteriores  |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 23.37                                    |
| Núm. portas  | Tipo            | Orientação                 | Superfície (m²) | U (W/(m².°C))                  | Teq. (°C)    |           |                                |                                   |  |
| 1  | Opaca           | N                          | 1.7             | 1.90                           | 31.4         |           |                                |                                   |  |
| Coberturas   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 91.23                                    |
| Tipo   | Superfície (m²) | U (W/(m².°C))              | Peso (kg/m²)    | Cor                            | Teq. (°C)    |           |                                |                                   |  |
| Plana  | 39.9            | 0.33                       | 858             | Média                          | 30.9         |           |                                |                                   |  |
| Envolventes interiores   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 14.09<br>2.51<br>72.57<br>10.82<br>17.87 |
| Tipo   | Superfície (m²) | U (W/(m².°C))              | Peso (kg/m²)    | Teq. (°C)                      |              |           |                                |                                   |  |
| Parede interior  | 16.3            | 0.74                       | 192             | 25.2                           |              |           |                                |                                   |  |
| Parede interior  | 1.4             | 2.78                       | 480             | 24.6                           |              |           |                                |                                   |  |
| Parede interior  | 22.1            | 2.16                       | 180             | 25.5                           |              |           |                                |                                   |  |
| Laje   | 39.6            | 0.47                       | 710             | 24.6                           |              |           |                                |                                   |  |
| Abertura interior  | 2.5             | 2.20                       |                 | 27.2                           |              |           |                                |                                   |  |
| Total estrutural   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 1586.82                                  |
| Ocupantes  |                 |                            |                 |                                |              |           |                                | 174.45                            | 313.66                                   |
| Actividade   | Nº de pessoas   | C.lat/per (W)              | C.sen/per (W)   |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Sentado ou em repouso  | 5               | 34.89                      | 62.73           |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Iluminação   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 846.90                                   |
| Tipo   | Potência (W)    | Coef. iluminação           |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Fluorescente com reactância                                    | 806.58          | 1.05                       |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| Instalações e outras cargas                                    |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 177.45                                   |
| Cargas interiores  |                 |                            |                 |                                |              |           | 174.45                         | 1338.01                           |  |
| Cargas interiores totais                                       |                 |                            |                 |                                |              |           |                                | 1512.46                           |  |
| Cargas devidas à própria instalação                            |                 |                            |                 |                                |              |           | 3.0 %                          | 87.74                             |  |
| FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.95                                   |                 |                            |                 |                                |              |           | Cargas internas totais         | 174.45                            | 3012.57                                  |
|  |                 |                            |                 |                                |              |           | Potência térmica interna total |                                   | 3187.02                                  |
| Ventilação   |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   | 472.43                                   |
| Caudal de ventilação total (m³/h)                              |                 |                            |                 |                                |              |           |                                |                                   |  |
| 225.0  |                 |                            |                 |                                |              |           | 889.28                         |                                   |  |
| Cargas de ventilação   |                 |                            |                 |                                |              |           | 889.28                         | 472.43                            |  |
| Potência térmica de ventilação total                           |                 |                            |                 |                                |              |           |                                | 1361.71                           |  |
| Potência térmica   |                 |                            |                 |                                |              |           | 1063.73                        |                                   | 3485.00                                  |
| POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 40.3 m² 112.8 W/m²             |                 |                            |                 |                                |              |           |                                | POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 4548.7 W |  |

Produzido por [Universidade do CYPE](#)

| CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)                           |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|--|-----------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------------------|--------------------|
| Compartimento  |                             | Conjunto de compartimentos |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| Lab (LAB)  |                             | 6                          |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| Condições de projecto  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| Internas   |                             |                            |                  |                      | Externas                       |           |           |                   |                    |
| Temperatura interior = 24.0 °C                                 |                             |                            |                  |                      | Temperatura exterior = 30.4 °C |           |           |                   |                    |
| Humidade relativa interior = 45.0 %                            |                             |                            |                  |                      | Temperatura húmida = 22.0 °C   |           |           |                   |                    |
| Cargas de arrefecimento às 18h (16 hora solar) do 15 de Agosto |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | C. LATENTE<br>(W) | C. SENSÍVEL<br>(W) |
| Envolventes exteriores   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Tipo                        | Orientação                 | Superfície (m²)  | U (W/(m².°C))        | Peso (kg/m²)                   | Cor       | Teq. (°C) |                   |                    |
|  | Fachada                     | N                          | 22.3             | 0.57                 | 246                            | Clara     | 25.0      |                   | 13.22              |
|  | Fachada                     | W                          | 12.1             | 0.57                 | 246                            | Clara     | 26.4      |                   | 16.60              |
| Envidraçados exteriores  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| Núm. janelas   | Orientação                  | Superfície total (m²)      | U (W/(m².°C))    | Coef. radiação solar | Ganho (W/m²)                   |           |           |                   |                    |
| 1  | W                           | 4.2                        | 2.72             | 0.63                 | 315.4                          | 1324.52   |           |                   |                    |
| Portas exteriores  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Núm. portas                 | Tipo                       | Orientação       | Superfície (m²)      | U (W/(m².°C))                  | Teq. (°C) |           |                   |                    |
|  | 1                           | Opaca                      | N                | 1.7                  | 1.90                           | 31.4      | 23.37     |                   |                    |
| Coberturas   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Tipo                        | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))    | Peso (kg/m²)         | Cor                            | Teq. (°C) |           |                   |                    |
|  | Plana                       | 39.9                       | 0.33             | 858                  | Média                          | 30.9      | 91.23     |                   |                    |
| Envolventes interiores   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Tipo                        | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))    | Peso (kg/m²)         | Teq. (°C)                      |           |           |                   |                    |
|  | Parede interior             | 16.3                       | 0.74             | 192                  | 25.2                           | 14.09     |           |                   |                    |
|  | Parede interior             | 1.4                        | 2.78             | 480                  | 24.6                           | 2.51      |           |                   |                    |
|  | Parede interior             | 22.1                       | 2.16             | 180                  | 25.5                           | 72.57     |           |                   |                    |
|  | Laje                        | 39.6                       | 0.47             | 710                  | 24.6                           | 10.82     |           |                   |                    |
|  | Abertura interior           | 2.5                        | 2.20             |                      | 27.2                           | 17.87     |           |                   |                    |
| Total estrutural   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 1586.82           |                    |
| Ocupantes  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Actividade                  | Nº de pessoas              | C.lat/per (W)    | C.sen/per (W)        |                                |           |           |                   |                    |
|  | Sentado ou em repouso       | 5                          | 34.89            | 62.73                | 174.45                         |           |           |                   |                    |
|  |                             |                            |                  |                      | 313.66                         |           |           |                   |                    |
| Iluminação   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Tipo                        | Potência (W)               | Coef. iluminação |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  | Fluorescente com reactância | 806.58                     | 1.05             | 846.90               |                                |           |           |                   |                    |
| Instalações e outras cargas                                    |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
|  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 177.45            |                    |
| Cargas interiores  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 174.45            |                    |
| Cargas interiores totais                                       |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 1512.46           |                    |
| Cargas devidas à própria instalação                            |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 87.74             |                    |
| FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.95                                   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 3012.57           |                    |
| Cargas internas totais   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 174.45            |                    |
| Potência térmica interna total                                 |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 3187.02           |                    |
| Ventilação   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| Caudal de ventilação total (m³/h)                              |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| 225.0  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 472.43            |                    |
| Cargas de ventilação   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 889.28            |                    |
| 889.28   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 472.43            |                    |
| Potência térmica de ventilação total                           |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 1361.71           |                    |
| Potência térmica   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 1063.73           |                    |
| 3485.00  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 40.3 m² 112.8 W/m²             |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |
| POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 4548.7 W                              |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                   |                    |



CARGA MÁXIMA (COMPARTIMENTO ISOLADO)

| Compartimento   |                             | Conjunto de compartimentos |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|---|-----------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|--------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Gabinete (Escritórios)                                      |                             | 7                          |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
| Condições de projecto                                       |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
| Internas  |                             |                            |                  |                      | Externas                       |           |           |                                      |                                   |
| Temperatura interior = 24.0 °C                              |                             |                            |                  |                      | Temperatura exterior = 23.3 °C |           |           |                                      |                                   |
| Humidade relativa interior = 50.0 %                         |                             |                            |                  |                      | Temperatura húmida = 19.9 °C   |           |           |                                      |                                   |
| Cargas de arrefecimento às 10h (8 hora solar) do 1 de Julho |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | C. LATENTE (W)                       | C. SENSÍVEL (W)                   |
| Envolventes exteriores                                      |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Tipo                        | Orientação                 | Superfície (m²)  | U (W/(m².°C))        | Peso (kg/m²)                   | Cor       | Teq. (°C) |                                      |                                   |
|   | Fachada                     | E                          | 10.7             | 0.56                 | 286                            | Clara     | 25.4      |                                      | 8.50                              |
|   | Fachada                     | N                          | 7.2              | 0.57                 | 246                            | Clara     | 24.3      |                                      | 1.36                              |
| Envidraçados exteriores                                     |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
| Núm. janelas  | Orientação                  | Superfície total (m²)      | U (W/(m².°C))    | Coef. radiação solar | Ganho (W/m²)                   |           |           |                                      |                                   |
| 1   | E                           | 5.4                        | 2.75             | 0.21                 | 91.8                           |           | 495.59    |                                      |                                   |
| Coberturas  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Tipo                        | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))    | Peso (kg/m²)         | Cor                            | Teq. (°C) |           |                                      |                                   |
|   | Plana                       | 11.9                       | 0.33             | 858                  | Média                          | 31.6      | 29.90     |                                      |                                   |
| Envolventes interiores                                      |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Tipo                        | Superfície (m²)            | U (W/(m².°C))    | Peso (kg/m²)         | Teq. (°C)                      |           |           |                                      |                                   |
|   | Parede interior             | 16.2                       | 0.74             | 192                  | 24.6                           |           | 7.76      |                                      |                                   |
|   | Parede interior             | 6.2                        | 2.00             | 204                  | 23.2                           |           | -9.74     |                                      |                                   |
|   | Laje                        | 11.5                       | 0.47             | 710                  | 24.7                           |           | 3.69      |                                      |                                   |
|   | Abertura interior           | 1.7                        | 2.20             | 23.6                 |                                |           | -1.29     |                                      |                                   |
| Total estrutural  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 535.77                               |                                   |
| Ocupantes   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Actividade                  | Nº de pessoas              | C.lat/per (W)    | C.sen/per (W)        |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Empregado de escritório     | 2                          | 60.48            | 63.14                |                                |           | 120.95    | 126.28                               |                                   |
| Iluminação  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Tipo                        | Potência (W)               | Coef. iluminação |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   | Fluorescente com reactância | 170.12                     | 1.05             | 178.63               |                                |           |           |                                      |                                   |
| Instalações e outras cargas                                 |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      | 194.43                            |
| Cargas interiores   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 120.95                               | 499.33                            |
| Cargas interiores totais                                    |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 620.28                               |                                   |
| Cargas devidas à própria instalação                         |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 3.0 %                                | 31.05                             |
| FACTOR CALOR SENSÍVEL : 0.90                                |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | Cargas internas totais               | 120.95 1066.16                    |
|   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | Potência térmica interna total       | 1187.11                           |
| Ventilação  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
| Caudal de ventilação total (m³/h)                           |                             |                            |                  |                      |                                |           |           |                                      |                                   |
|   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 115.2                                | 368.38 -26.46                     |
| Cargas de ventilação  |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 368.38                               | -26.46                            |
|   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | Potência térmica de ventilação total | 341.92                            |
|   |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | Potência térmica                     | 489.33 1039.70                    |
| POTÊNCIA TÉRMICA POR SUPERFÍCIE 12.2 m²                     |                             |                            |                  |                      |                                |           |           | 125.8 W/m²                           | POTÊNCIA TÉRMICA TOTAL : 1529.0 W |

Produzido por uma versão actualizada de XPE

<